

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Механіко-технологічний факультет
(назва факультету)

Кафедра будівельної механіки
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи
магістра
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: **«Зниження теплових витрат в сучасному житлі за рахунок застосування будівельних матеріалів з низькою теплопровідністю»**

Виконав: студент 6 курсу, групи МБм-61

спеціальності 8.06010101
Промислове і цивільне будівництво
(шифр і назва спеціальності)

Матенька І.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доц. Ковальчук Я.О.
(наук ступінь, вч. звання, прізвище та ініціали)

Рецензент
(наук ступінь, вч. звання, прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2013

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення Механіко-технологічний факультет

Кафедра будівельної механіки

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Напрямок підготовки 6.060101 Будівництво

(шифр і назва)

Спеціальність 8.06010101 Промислове і цивільне будівництво

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
будівельної механіки

_____ **П.В.Ясній**

“ _____ ” _____ 2013 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

_____ Матенька Ігор Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Зниження теплових витрат в сучасному житлі за рахунок застосування будівельних матеріалів з низькою теплопровідністю

Керівник проекту (роботи) Ковальчук Ярослав Олексійович, к. т. н., доцент,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “10” липня 2013 року №4/7-442

2. Строк подання студентом роботи 12 грудня 2013 року

3. Вихідні дані до роботи існуючі стінові будівельні матеріали та нові будівельні матеріали з низькою теплопровідністю для забезпечення високих теплоізоляційних характеристик стінових конструкцій

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Літературний огляд за темою роботи.
2. Методика дослідження та устаткування для визначення теплотехнічних характеристик будівельних матеріалів.
3. Експериментальні дослідження теплопровідності будівельних матеріалів.
4. Обґрунтування економічної ефективності.
5. Спеціальна частина. 6. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.
7. Екологія.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Графічний матеріал подати у вигляді презентації з використанням аудіокомп'ютерної техніки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Обґрунтування економічної ефективності	Галушак М.П., доцент		
Спеціальна частина	Конончук О.П., асистент		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Каспрук В.Б., доцент		
Екологія	Лясота О.М., доцент		
Нормоконтроль	Конончук О.П., асистент		

7. Дата видачі завдання “10” липня 2013 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
	Розділ 1. Теплопровідність будівельних матеріалів як важливий чинник енергозбереження для сучасного житла	10.09.2013	
	Розділ 2. Методичні аспекти дослідження теплопровідності будівельних матеріалів	25.09.2013	
	Розділ 3. Експериментальне дослідження теплопровідності стінових будівельних матеріалів	25.10.2013	
	Розділ 4. Обґрунтування економічної ефективності	05.11.2013	
	Розділ 5. Спеціальна частина	15.11.2013	
	Розділ 6. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	25.11.2013	
	Розділ 7. Екологія	5.12.2013	
	Загальні висновки	12.12.2013	

Студент

_____ Матенька І.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Ковальчук Я.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Матенька І.В. Зниження теплових витрат в сучасному житлі за рахунок застосування будівельних матеріалів з низькою теплопровідністю. – На правах рукопису.

Дипломна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня магістра за спеціальністю 8.06010101– Промислове і цивільне будівництво. – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2013.

115 стор., 27 ілюстрацій, 29 таблиць, 82 джерела за переліком посилань.

Актуальність теми досліджень зумовлена підвищенням вимог до енергетичної ефективності будівель, які включають показники питомого використання енергетичних ресурсів при будівництві, реконструкції, капітальному ремонті до технологій і матеріалів, які дають можливість виключити нераціональне використання енергетичних ресурсів як в процесі будівництва, так і в процесі експлуатації.

Доцільність проведення досліджень зумовлена тим, що будівлі з вищими показниками енергоефективності є більше конкурентоздатними на сучасному будівельному ринкові.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана згідно з тематикою науково-дослідних робіт кафедри будівельної механіки ТНТУ та державними програмами енергозбереження, а саме Галузевої програми підвищення енергоефективності у будівельній галузі на 2010-2014 роки (наказ Мінрегіонбуду від 30.06.2009 N 257) та енергетичної стратегії України на період до 2030 року (розпорядження Кабінету Міністрів України від 15.03.2006 № 145-р).

Метою роботи є виявлення закономірностей теплопередачі через різноманітні будівельні матеріали, які застосовуються для будівельних огорожувальних конструкцій, і формування рекомендацій для зниження теплових витрат в сучасному житлі за рахунок застосування будівельних матеріалів з низькою теплопровідністю.

Завданням дослідження є визначення теплопровідності стінових будівельних матеріалів за різних умов, розробка теплоізоляційного матеріалу з екологічно чистої сировини низької вартості, пропозиції щодо зниження теплових

витрат в сучасному житлі за рахунок застосування будівельних матеріалів з низькою теплопровідністю.

Галуззю застосування результатів роботи є індустрія будівельних матеріалів для огороджувальних конструкцій.

Об'єктом дослідження є процес теплопередачі через огороджувальні конструкції будівель.

Предметом дослідження є теплопровідність стінових будівельних матеріалів.

Методами дослідження є стандартизовані підходи до планування експерименту, конструкції приладу для визначення коефіцієнта теплопровідності будівельних матеріалів, методики виконання експерименту і обробки експериментальних даних.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що:

- вперше отримано теплоізоляційний матеріал тирсосилікат та виявлено його високі теплоізоляційні властивості;
- удосконалено методику дослідження коефіцієнта теплопровідності будівельних матеріалів для нормалізованих зразків з розмірами стандартної цеглини;
- отримав подальший розвиток метод зменшення енергетичних витрат на опалення в сучасному житлі шляхом застосування стінового матеріалу з низьким коефіцієнтом теплопровідності, а саме тирсосилікату.

Практичне значення отриманих результатів полягає в розробці рекомендацій для зниження теплових витрат в сучасному житлі за рахунок застосування будівельних матеріалів з низькою теплопровідністю.

Апробація результатів магістерської роботи виконана на науково-технічній конференції механіко-технологічного факультету Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (квітень, 2013 р).

Публікація результатів магістерської роботи здійснена у збірнику тез вищезазначеної конференції.

Ключові слова: коефіцієнт теплопровідності, теплоізоляційні матеріали, теплові витрати, огороджувальні конструкції, теплопередача стіни, тирсосилікат.

ANNOTATION

Maten'ka I.V. Thermal cost cutting in modern housing through the use of building materials with low thermal conductivity. – On rights for a manuscript.

Diploma work for obtaining the educational qualification of Master's degree in 8.06010101 - Industrial and civil construction. –Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ternopil, 2013.

115 p. 27 illustrations, 29 tables, 87 sources for references.

Actuality of theme is due to increased requirements for energy efficiency in buildings, comprising of specific energy use in the construction, reconstruction, major repairs to technologies and materials that make it possible to eliminate the inefficient use of energy both during construction and during operation.

Expedience of research is due to the fact that buildings with higher energy efficiency are more competitive in today's construction market.

Relationship with academic programs, plans, themes. Work performed under the subject of research projects of the Structural Mechanics TNTU and state energy conservation programs.

The aim is to identify patterns of heat transfer through a variety of building materials used for construction of building envelopes, and the recommendations for reducing heat loss in the modern housing through the use of building materials with low thermal conductivity.

The objective of the study is to determine the thermal conductivity of wall construction materials under different conditions, the development of insulation materials from environmentally friendly raw materials , low cost suggestions for reducing heat loss in the modern housing through the use of building materials with low thermal conductivity.

The Branch application performance is the industry of building materials for building envelopes.

The object of research is the process of heat transfer through the building envelope.

The subject of research is the thermal conductivity of wall construction materials.

Research methods are standardized approaches to experimental design , instrument design to determine the thermal conductivity of building materials and methods of the experiment and experimental data processing.

Scientific novelty lies in the fact that:

- first obtained thermal insulation material sawdust-silicate and found its high thermal insulation properties;
- improved methods of investigation of thermal conductivity of building materials for samples normalized to the size of a standard brick;
- was further developed method of reducing energy costs for heating in today's housing through the use of wall material with a low coefficient of thermal conductivity, namely sawdust-silicate.

The practical significance of the results is to develop recommendations for reducing heat loss in modern housing through the use of building materials with low thermal conductivity.

Approbation performed on the Scientific and Technical Conference of Mechanical Engineering Department of Ternopil National Technical University (April 2013). Publication of master's diploma is carried out in collection of theses of aforementioned conference.

Keywords: thermal conductivity, insulation materials, heating costs, building envelope, heat transfer of wall, sawdust-silicate.

ЗМІСТ

	Стор.
РЕФЕРАТ	3
ABSTRACT	5
ВСТУП	10
Розділ 1 ТЕПЛОПРОВІДНІСТЬ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ЯК ВАЖЛИВИЙ ЧИННИК ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ДЛЯ СУЧАСНОГО ЖИТЛА	14
1.1 Мікроклімат приміщень і вимоги до експлуатаційних властивостей стін	14
1.2 Процеси і умови передачі тепла через зовнішні стіни	15
1.3 Теплотехнічні характеристики стінових матеріалів	21
1.4 Опір теплопередачі стін як показник їх теплозахисних властивостей	26
1.5 Висновки за першим розділом	27
Розділ 2 МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОПРОВІД- НОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ	29
2.1 Методи вимірювання коефіцієнта теплопровідності матеріалів	29
2.2 Нормативна база для визначення теплопровідності будівельних матеріалів і виробів	34
2.3 Промислові прилади для експериментального визначення теплопровідності матеріалів	37
2.4 Конструктивні особливості розробленого приладу для визначення коефіцієнта теплопровідності будівельних матеріалів	39
2.5 Методика виконання експериментальних досліджень	43
2.6 Висновки за другим розділом	44

Розділ 3	ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ СТИНОВИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ	46
3.1	Дослідження теплопровідності цегли	46
3.1.1	Роль цегли як стінового матеріалу	46
3.1.2	Тарування приладу для теплотехнічних досліджень будівельних матеріалів.....	47
3.1.3	Дослідження теплопровідності суцільної сухої керамічної цегли.....	51
3.1.4	Дослідження теплопровідності суцільної вологої керамічної цегли.....	56
3.1.5	Дослідження теплопровідності керамічної цегли з отворами.....	59
3.1.6	Дослідження теплопровідності суцільної білої автоклавної цегли.....	61
3.1.7	Дослідження теплопровідності облицювальної пустотілої керамічної цегли.....	63
3.2.	Дослідження теплопровідності бетонних виробів.....	64
3.2.1	Дослідження теплопровідності суцільного бетону.....	64
3.2.2	Дослідження теплопровідності пінобетону.....	66
3.3	Дослідження теплопровідності дерев'яних матеріалів.....	68
3.3.1	Дослідження теплопровідності дерев'яного бруса	68
3.3.2	Розроблення стінового будівельного матеріалу на основі відходів деревообробного виробництва.....	69
3.3.3	Дослідження теплопровідності розробленого стінового будівельного матеріалу	71
3.4	Рекомендації для зменшення тепловтрат існуючих будівель.....	73
3.5	Висновки за третім розділом.....	75

Розділ 4	ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	76
4.1	Розрахунок норм часу на виконання науково-дослідної роботи	76
4.2	Розрахунок витрат на проведення НДР	78
4.3	Економічна ефективність від використання результатів роботи	83
4.4	Висновки за четвертим розділом	85
Розділ 5	СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	86
5.1	Зменшення теплових витрат в існуючих будівлях за рахунок встановлення зарядіаторних тепловідбиваючих екранів	86
5.2	Економічна ефективність від використання зарядіаторних тепловідбиваючих екранів	88
Розділ 6	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	89
6.1	Соціальні аспекти охорони праці у будівельному виробництві	89
6.2	Розрахунок захисного заземлюючого пристрою цеху будматеріалів	90
6.3	Нормативна база щодо захисту працівників підприємств в надзвичайних ситуаціях	94
6.4	Захисні споруди	95
6.4.1	Сховища	95
6.4.2	Протирадіаційні укриття	96
6.4.3	Найпростіші укриття	98
6.5	Критерії оцінювання ефективності інженерного захисту	98
Розділ 7	ЕКОЛОГІЯ	99
7.1	Актуальність екологічної проблеми	99
7.2	Вплив будівництва на навколишнє середовище	100
7.3	Екологія будівельних матеріалів	101
7.4	Методи вирішення екологічних проблем у будівництві	103
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ		105
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ		107

ВСТУП

Сучасне будівництво є важливою частиною всього народногосподарського комплексу, в якому використовуються багато різноманітних матеріалів, виробів і конструкцій як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва [1, 2]. Оптимальний їх вибір передбачає узгодження багатьох показників, які задовольнили б конкретного замовника [3]. Цей етап є актуальним ще на стадії розробки проектно-кошторисної документації.

В роботі розглянуто підхід до вибору матеріалів для формування огорожувальних (стінових) конструкцій в промисловому і цивільному будівництві. Враховано ту особливість, що значна частина витрат на експлуатацію і утримання будови йде на її опалення. В структурі енергетичних витрат це становить майже 25 % всієї споживаної енергії [4]. Значна частина цієї енергії використовується не ефективно тому, що втрачається через високу теплопровідність огорожувальних конструкцій і йде на «нагрівання вулиці».

Останнім часом питанням зниження теплових витрат при експлуатації житлових будівель приділяють особливу увагу через підвищення цін на енергоносії та загострення екологічних проблем внаслідок їх спалювання.

Для підвищення енергоефективності житла, збереження тепла в приміщенні доцільно застосовувати в якості матеріалів для огорожувальних конструкцій матеріали, які мають низький коефіцієнт теплопровідності [5].

Теплопровідність матеріалів залежить від виду матеріалу, його пористості і характеру пор, вологості, середньої густини і середньої температури, при якій відбувається передача тепла [6]. В пористих матеріалів тепловий потік проходить через їх масу і пори, заповнені повітрям. Теплопровідність повітря дуже низька ($\lambda=0,02 \text{ Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$), тому створюється значний термічний опір для проходження теплового потоку [7].

Теплопровідність будівельних матеріалів суттєво підвищується при їх зволоженні, тому що у води коефіцієнт теплопровідності $\lambda=0,52 \text{ Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$, тобто в

25 разів більший, ніж у повітря. Тому пори заповнені водою проводять тепловий потік значно краще, ніж пори, заповнені повітрям [8, 9].

Ще більше зростає коефіцієнт теплопровідності, якщо вологий матеріал промерзає, тому що лід має коефіцієнт теплопровідності $\lambda=2,3 \text{ Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$, що у 100 разів більше, ніж у повітря [10].

Коефіцієнт теплопровідності будівельних матеріалів зростає з підвищенням температури, при якій відбувається передача теплоти, за рахунок зростання кінетичної енергії молекул основної речовини матеріалу [11, 12].

Вивчення теплопровідності будівельних матеріалів є однією з актуальних сучасних науково-технічних задач не лише в Україні, але й у світовому масштабі. Роботи в цьому напрямку особливо активізувалися на початку сьогоденного століття, коли розвиток будівництва і розширення гами сучасних будівельних матеріалів зумовили необхідність пошуку дієвих засобів боротьби з тепловими втратами [13...16].

Актуальність теми досліджень зумовлена підвищенням вимог до енергетичної ефективності будівель, які включають показники питомого використання енергетичних ресурсів при будівництві, реконструкції, капітальному ремонті, до технологій і матеріалів, які дають можливість виключити нераціональне використання енергетичних ресурсів як в процесі будівництва, так і в процесі експлуатації.

Доцільність проведення досліджень зумовлена тим, що будівлі з вищими показниками енергоефективності є більше конкурентоздатними на сучасному будівельному ринкові.

Метою роботи є виявлення закономірностей теплопередачі через різноманітні будівельні матеріали, які застосовуються для будівельних огорожувальних конструкцій, і формування рекомендацій для зниження теплових витрат в сучасному житлі за рахунок застосування будівельних матеріалів з низькою теплопровідністю.

Завданням дослідження є визначення теплопровідності стінових будівельних матеріалів за різних умов, розробка теплоізоляційного матеріалу з

екологічно чистої сировини низької вартості, пропозиції щодо зниження теплових витрат в сучасному житлі за рахунок застосування будівельних матеріалів з низькою теплопровідністю.

Галуззю застосування результатів роботи є індустрія будівельних матеріалів для огорожувальних конструкцій.

Об'єктом дослідження є процес теплопередачі через огорожувальні конструкції будівель.

Предметом дослідження є теплопровідність стінових будівельних матеріалів.

Методами дослідження є стандартизовані підходи до планування експерименту, конструкції приладу для визначення коефіцієнта теплопровідності будівельних матеріалів, методики виконання експерименту і обробки експериментальних даних.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що:

- вперше отримано теплоізоляційний матеріал тирсосилікат та виявлено його високі теплоізоляційні властивості;
- удосконалено методику дослідження коефіцієнта теплопровідності будівельних матеріалів для нормалізованих зразків з розмірами стандартної цеглини;
- отримав подальший розвиток метод зменшення енергетичних витрат на опалення в сучасному житлі шляхом застосування стінового матеріалу з низьким коефіцієнтом теплопровідності, а саме тирсосилікату.

Практичне значення отриманих результатів полягає в розробці рекомендацій для зниження теплових витрат в сучасному житлі за рахунок застосування будівельних матеріалів з низькою теплопровідністю.

Апробація результатів магістерської роботи виконана на науково-технічній конференції механіко-технологічного факультету Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (квітень, 2013 р).

Публікація результатів магістерської роботи здійснена у збірнику тез вищезазначеної конференції.

Робота виконана на кафедрі будівельної механіки Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя в рамках Галузевої програми підвищення енергоефективності у будівельній галузі на 2010-2014 роки (наказ Мінрегіонбуду від 30.06.2009 N 257) [17] та енергетичної стратегії України на період до 2030 року (розпорядження Кабінету Міністрів України від 15.03.2006 № 145-р) [18].

РОЗДІЛ 1

ТЕПЛОПРОВІДНІСТЬ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ЯК ВАЖЛИВИЙ ЧИННИК ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ДЛЯ СУЧАСНОГО ЖИТЛА

1.1 Мікроклімат приміщень і вимоги до експлуатаційних властивостей стін

У приміщеннях цивільних будівель залежно від їх функціонального призначення повинні забезпечуватися санітарно-гігієнічні умови, що визначають мікроклімат внутрішнього середовища. Мікроклімат приміщень характеризується температурою повітря, її коливаннями в часі й змінами за об'ємом, температурою поверхонь обгороджувальних, відносною вологістю повітря, швидкістю руху повітря в приміщенні, а також гігієнічним станом повітря і наявністю або відсутністю агресивних дій на стіни. Параметри мікроклімату визначаються Державними будівельними нормами (ДБН) та Державними стандартами (ДСТУ) і враховують вказані вище чинники, а також вид діяльності людей, що знаходяться в приміщенні. Основні параметри мікроклімату, що забезпечують комфортне теплове сприйняття людиною, подано в таблиці 1.1 [8].

Для забезпечення в приміщеннях вимог мікроклімату і обмеження витрати теплової енергії, що втрачається будівлею через стіни, потрібно щоб стіни мали достатні теплозахисні властивості [14]. На теплозахисні властивості стін суттєвий вплив роблять теплофізичні властивості використовуваних будівельних матеріалів і умови їх експлуатації [9].

Зовнішні стіни є одним з основних елементів оболонки будівлі, що забезпечують необхідні параметри мікроклімату приміщень. В процесі експлуатації стіни знаходяться під постійним комплексним впливом численних чинників зовнішнього і внутрішнього середовища, а саме конкретних природно-кліматичних умов (температура і вологість зовнішнього повітря; вид, кількість і характер випадання опадів; швидкість і напрям вітру; сонячна радіація та ін.) і параметрів мікроклімату усередині будівлі. Вид і рівень впливу цих чинників

повинні бути враховані як на стадії проектування, так і в процесі експлуатації стін, наприклад, нанесенням додаткових захисних шарів.

Таблиця 1.1

**Значення параметрів мікроклімату
у приміщеннях житлових і громадських будівель [8]**

Параметри	Од. вимір.	Допустимі рівні	Оптимальні значення
Температура повітря	$^{\circ}\text{C}$	17 (зима) 28 (літо)	20...22 (зима) 22...25 (літо)
Гradient температури повітря по горизонталі	$^{\circ}\text{C}$	3,0	2,0
Гradient температури повітря по вертикалі	$^{\circ}\text{C}$	3,0	2,0
Різниця температури «повітря – огороження»	$^{\circ}\text{C}$	4...6	2,0
Температура скла	$^{\circ}\text{C}$	10...32	20
Температура підлоги	$^{\circ}\text{C}$	18...28	24
Швидкість руху повітря	м/с	0,15...0,30 (зима) 0,30...0,50 (літо)	0,10...0,20 (зима) 0,20...0,30 (літо)
Вологість повітря	%	до 60	30...45

1.2 Процеси і умови передачі тепла через зовнішні стіни

Через стіни при різниці температур на їх внутрішній і зовнішній поверхнях йде потік теплової енергії. У зв'язку з тим, що відбуваються постійні коливання температур зовнішнього і внутрішнього повітря, тепловий потік також постійно змінюється в часі. Умови теплопередачі при змінах теплового потоку в часі називаються нестационарними [7].

Нестаціонарне температурне поле характеризується зміною температур як в просторі, так і в часі. Математично нестаціонарне температурне поле описується залежністю

$$t = f(x, y, z, \tau). \quad (1.1)$$

У разі, якщо коливання температур не відбувається, потік теплової енергії залишається постійним в часі й умови теплопередачі називаються стаціонарними.

При стаціонарному температурному полі температура змінюється лише в просторі і не змінюється в часі, тому є функцією осей координат:

$$t = f(x, y, z) \text{ або } \frac{\partial t}{\partial \tau} = 0. \quad (1.2)$$

У реальних ситуаціях теплопередача через стіни практично завжди нестаціонарна [12]. Проте, враховуючи, що теплотехнічні розрахунки обгороджувальних за нестаціонарних умов теплопередачі досить складні, вони виконуються тільки в особливих випадках, наприклад, при оцінці теплостійкості. В більшості ж ситуацій з точністю, допустимою при практичних розрахунках, можна вважати теплопередачу через стінові конструкції стаціонарною. При цьому температура повітря в будівлі приймається усередненою за деякий період часу (наприклад, за добу), а для зовнішньої температури встановлюється деяке розрахункове її значення, виходячи з кліматичних умов цієї місцевості.

У разі стаціонарного режиму теплопередачі усі теплотехнічні розрахунки значно спрощуються. На практиці за стаціонарних умов визначаються втрати тепла будівлею та теплозахисні якості стін [11].

Передача тепла через стіну відбувається у бік нижчих температур, тобто взимку в сторону зовнішнього повітря [8]. Увесь процес передачі тепла в цьому випадку складається з трьох етапів:

- сприйняття тепла внутрішньою поверхнею огорожування від повітря приміщення;
- передача тепла через товщу стіни;
- віддача теплової енергії зовнішньою поверхнею стіни зовнішньому повітрю.

Розрізняють три принципово різних елементарних способи поширення теплоти: теплопровідність, конвекція й теплове випромінювання [7].

Теплопровідність є процесом перенесення теплоти внаслідок неупорядкованого (теплого) руху мікрочастин, які безпосередньо дотикаються одна до одної. В чистому вигляді теплопровідність існує лише в твердих тілах. В газоподібних і рідких середовищах теплопровідність супроводжується конвекцією.

Конвекція – процес перенесення теплоти внаслідок руху і перемішування макроскопічних об'ємів газу чи рідини [7]. Перенесення теплоти відбувається самим середовищем. Конвекція завжди супроводжується тепловіддачею між рухомих середовищем (повітрям) і поверхнею (стіною).

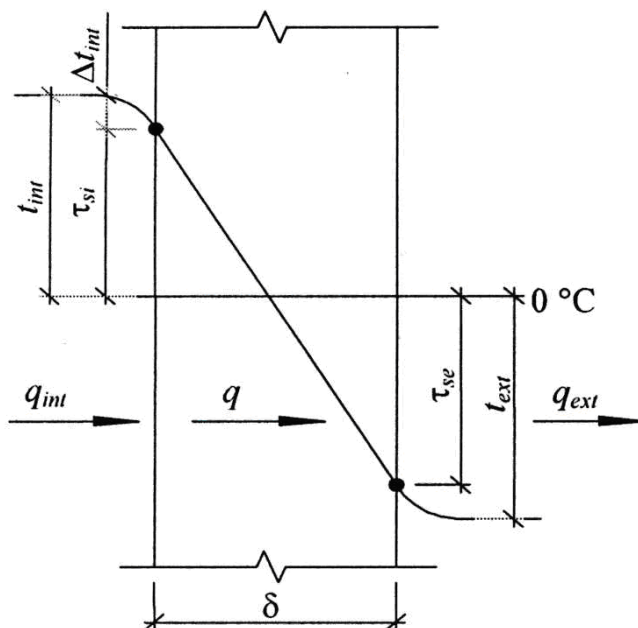
В залежності від причин, які зумовлюють конвекцію, розрізняють вільну і вимушену конвекцію. Вільна конвекція передбачає переміщення рідини чи газу зумовлене різною густиною в різних точках простору внаслідок різниці температур. При вимушеній конвекції переміщення потоків рідини чи газу відбувається внаслідок витрати механічної енергії.

Теплове випромінювання - це процес поширення теплоти через електромагнітні хвилі інфрачервоної області спектру, зумовлений тепловим рухом атомів чи молекул випромінюючого тіла [11].

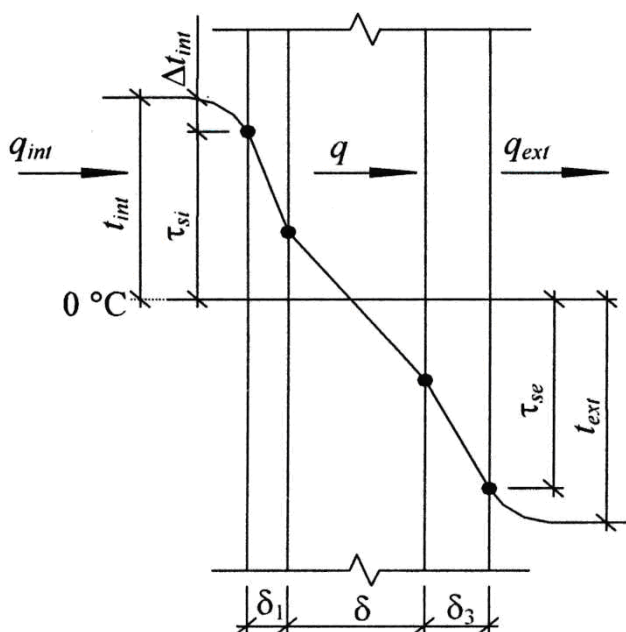
Якщо передача теплоти відбувається одночасно всіма способами або хоча б двома з них, то такий процес називається складним теплообміном. Прикладом складного теплообміну є поширення теплоти через стінові конструкції у будівництві (рис. 1.1) [11].

На першому етапі передача тепла до внутрішньої поверхні стіни від повітря відбувається конвекцією, а від внутрішніх поверхонь огорожень (стін, стелі,

підлоги) випромінюванням. При цьому в міру наближення до поверхні стіни відбувається зниження температури повітря t_{int} до температури поверхні τ_{si} .



a



б

Рисунок 1.1 – Передача тепла і розподіл температур в одношаровій (а) та багатшаровій (б) конструкції стіни при стаціонарному режимі теплопередачі [11]

Перепад температур

$$\Delta t_{int} = t_{int} - \tau_{si} \quad (1.3)$$

зумовлений процесом теплообміну біля внутрішньої поверхні стіни і залежить від коефіцієнта тепловіддачі внутрішньої поверхні α_i , Вт/(м²·°C).

При дослідженні явища теплопередачі розглядають поняття теплового потоку (Q) і густини теплового потоку (q) [11].

Тепловий потік – кількість теплоти, яка проходить за одиницю часу

$$Q = \frac{Q'}{z}, \quad (1.4)$$

де Q' – кількість теплоти, Дж; z – час, с; Q – тепловий потік, Вт.

Густина теплового потоку (питомий тепловий потік) – кількість теплоти, яка проходить через одиницю поверхні за одиницю часу:

$$q = \frac{Q'}{Fz} = \frac{Q}{F}, \quad (1.5)$$

де F – площа поверхні, м²; q – густина теплового потоку, Вт/м².

Для випадку передачі тепла через стіну [11] густина теплового потоку визначається як

$$q_{int} = \alpha_i(t_{int} - \tau_{si}), \text{ Вт/м}^2. \quad (1.6)$$

На другому етапі передачі тепла через товщину стіни без повітряних прошарків відбувається за рахунок теплопровідності. Зміна температури в стіні залежить від товщини конструкції δ , м і від коефіцієнта теплопровідності кладки

λ , Вт/(м·град). Тепловий потік, який проходить через одиничну площу стіни, визначається як

$$q = \frac{\lambda}{\delta}(\tau_{si} - \tau_{se}), \text{ Вт/м}^2. \quad (1.7)$$

Віддача тепла зовнішньою поверхнею стіни зовнішньому середовищу (третій етап) відбувається конвекцією і випромінюванням. Зниження температури від τ_{se} до t_{ext} зумовлено процесом теплообміну поблизу зовнішньої поверхні, який залежить від величини коефіцієнту теплообміну поверхні α_e , Вт/(м²·°C). Тепловий потік, який виходить з одиниці поверхні стіни, визначається як

$$q_{ext} = \alpha_e(\tau_{se} - t_{ext}), \text{ Вт/м}^2 \quad (1.8)$$

Як видно з формул (1.6) і (1.8) віддача тепла на поверхнях стіни визначається величиною коефіцієнтів α_i і α_e , які залежать від умов конвективного теплообміну і теплового випромінювання [11]. Для конкретних умов експлуатації ці коефіцієнти можуть бути отримані розрахунком на підставі експериментальних даних про температуру середовища і поверхонь стіни, а також про характеристики випромінювання енергії поверхнями [7, 8].

Конвективний теплообмін поблизу внутрішньої і зовнішньої поверхонь стін різний. Поблизу внутрішньої поверхні відбувається природна (самочинна) конвекція, зумовлена різницею температур повітря і поверхні стіни. Поблизу зовнішньої поверхні стіни відбувається в основному вимушена конвекція за рахунок дії вітру.

Аналіз результатів досліджень інших авторів свідчить, що для внутрішньої поверхні стіни 60% теплообміну відбувається випромінюванням. Для зовнішньої поверхні стіни цей показник становить лише 12...15% [12]. Конвективна тепловіддача на зовнішній поверхні стіни визначається в основному вимушеною конвекцією. Самочинна конвекція на зовнішній поверхні стіни при швидкості

вітру 5 м/с практично рівна нулю. При розрахунках теплозахисту будівель рекомендується застосовувати значення коефіцієнтів для гладких стін $\alpha_i = 8,7$ Вт/(м²·°C), $\alpha_e = 23$ Вт/(м²·°C) [14].

1.3. Теплотехнічні характеристики стінових матеріалів

Теплозахисні властивості стіни визначаються величиною потоку теплової енергії, який проходить через них [8, 14].

Теоретичною основою процесу теплопровідності є закон Фур'є, згідно з яким кількість теплоти dQ , яка передається через елемент поверхні dF , перпендикулярний до теплового потоку, за час dz прямо пропорційна температурному градієнту $\frac{\partial \tau}{\partial x}$, поверхні dF , часові dz і коефіцієнтові теплопровідності λ [10]:

$$dQ' = -\lambda \frac{\partial \tau}{\partial x} dF dz \text{ або } q = -\lambda \frac{\partial \tau}{\partial x}. \quad (1.9)$$

Знак «−» в рівнянні вказує на те, що напрямок теплового потоку протилежний до вектора температурного градієнта. Це пояснюється тим, що в природі теплота самочинно переходить завжди з області з вищою температурою в область з меншою температурою.

Коефіцієнт теплопровідності λ характеризує здатність матеріалу проводити тепло через свою масу і показує, яка кількість тепла проходить внаслідок теплопровідності за одиницю часу через одиницю поверхні теплообміну при падінні температури на 1 градус на одиницю довжини нормалі до ізотермічної поверхні [11],

$$[\lambda] = \left[\frac{dQ \partial x}{\partial t dF dz} \right] = \left[\frac{\text{Дж} \cdot \text{м}}{\text{град} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{сек}} \right] = \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{град}} \right]. \quad (1.10)$$

Для практичних розрахунків при дослідженні теплообміну через плоскі стінові конструкції товщиною δ при температурах на її внутрішній і зовнішній поверхнях відповідно τ_i і τ_e з рівняння (1.9) отримано:

$$Q = qF = -\lambda \frac{\partial \tau}{\partial x} F. \quad (1.11)$$

Інтегруючи (1.11) в межах від $x=0$ до $x=\delta$ і від $\tau = \tau_i$ до $\tau = \tau_e$, отримано:

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} (\tau_i - \tau_e) F. \quad (1.12)$$

При використанні рівняння (1.12) для практичних розрахунків необхідно мати значення коефіцієнта теплопровідності λ . Чисельне значення λ будівельних матеріалів залежить від їх фізико-хімічних властивостей: об'ємної густини, пористості, структури, вологості тощо. Вплив температури й тиску на значення λ для будівельних матеріалів не суттєвий і, зазвичай, ним можна знехтувати.

Аналітичне визначення значень коефіцієнтів теплопровідності різних матеріалів досить складне. Тому коефіцієнти теплопровідності визначають експериментальним шляхом [13]. Для типових матеріалів, в т.ч. і будівельних, їх значення подані у довідковій літературі [5]. Однак подальший розвиток техніки, зокрема отримання нових матеріалів і речовин зумовлює потребу дослідження їх теплотехнічних характеристик, зокрема визначення їх коефіцієнта теплопровідності [16].

Коефіцієнт теплопровідності кладки суттєво залежить від об'ємної густини й пористості стінового матеріалу. Оскільки теплопровідність повітря нижча за теплопровідність самого матеріалу, то збільшення пористості зумовлює зниження коефіцієнта теплопровідності [9] (рис. 1.2).

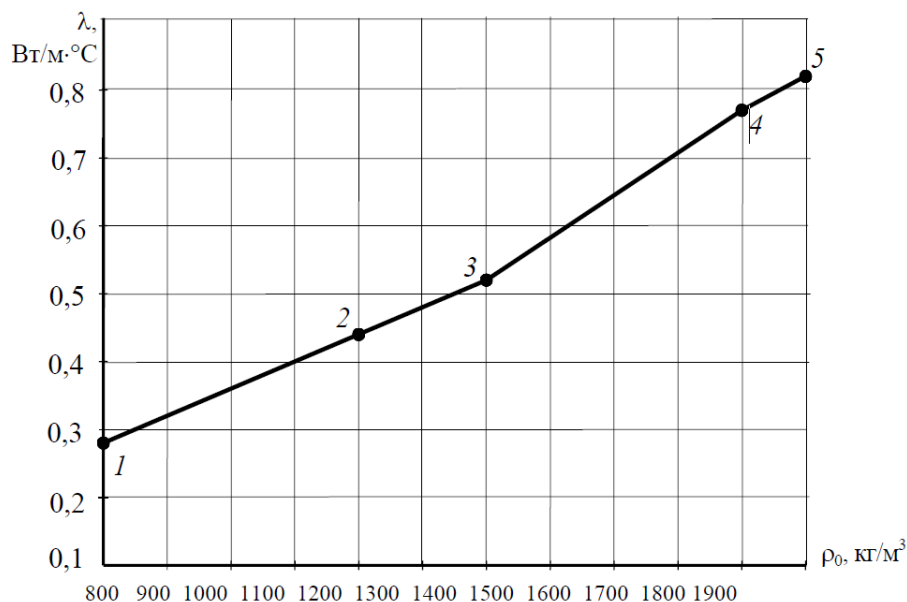


Рисунок 1.2 – Залежність коефіцієнта теплопровідності глиняної цегли від об'ємної густини [18]

Як видно з графіка об'ємною густиною цегли можна характеризувати її коефіцієнт теплопровідності.

Теплопровідність залежить також від зв'язків пор між собою. При об'єднаних порах коефіцієнт теплопровідності зростає через виникнення конвективних потоків повітря. В цеглі і в кладочному розчині пори, як правило, замкнуті [19].

На коефіцієнт теплопровідності впливає не лише повітря, але й теплопровідність основної речовини будівельного матеріалу. Так силікатна цегла і цементно-піщаний розчин мають однакову об'ємну густину 1800 кг/м^3 , але при цьому їх коефіцієнти теплопровідності різні. За даними [5] коефіцієнт теплопровідності цегли в сухому стані рівний $0,754 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$., а для розчину $0,692 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$.

Коефіцієнт теплопровідності матеріалів збільшується при підвищенні їх середніх температур. Зумовлено це зростанням кінетичної енергії молекул основного матеріалу, а також підвищенням теплопровідності повітря в порах матеріалів і зі збільшенням передачі тепла в них випромінюванням. Як свідчать результати досліджень зміна коефіцієнтів теплопровідності будівельних

матеріалів, зокрема цегли, в межах експлуатаційного діапазону температур (від -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$) дуже несуттєва і нею при практичних розрахунках зазвичай нехтують [11].

Коефіцієнти теплопровідності цегли і кладочного розчину суттєво залежать від їх вологості [20, 21]. З підвищенням вологості спостерігається досить різке зростання теплопровідності і, відповідно, погіршення теплозахисних властивостей стіни [11]. Зміну коефіцієнта теплопровідності стіни з глиняної цегли на цементно-піщаному розчині в залежності від вологості за масою подано на рис. 1.3.

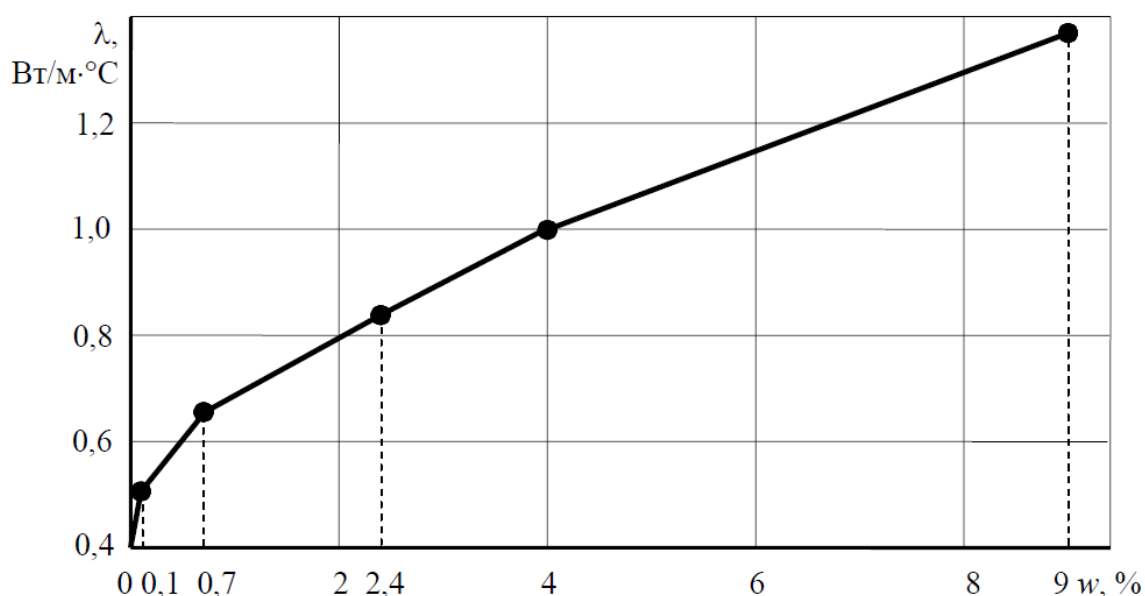


Рисунок 1.3 – Залежність теплопровідності стіни з глиняної цегли на цементно-піщаному розчині в залежності від вологості за масою [11]

Підвищення теплопровідності матеріалів при збільшенні їх вологості зумовлено тим, що вода, яка попадає в пори, має вищий коефіцієнт теплопровідності, ніж витіснене нею повітря (приблизно в 20 разів). Крім того вода в порах збільшує площу контактних площадок між частинками матеріалу і таким чином додатково підвищує теплопередачу [14]. З графіка видно, що при підвищенні вологості цегли від початкових значень відбувається інтенсивніший

ріст коефіцієнта теплопровідності [9, 20, 21]. Потім ріст дещо сповільнюється. Це пояснюється тим, що спочатку заповнюються водою дрібні пори і капіляри, які більше впливають на теплопровідність цегли, чим великі пори.

При замерзанні вологої кладки теплопровідність її зростає ще суттєвіше, тому що коефіцієнт теплопровідності льоду в 4 рази вищий, ніж у води (рис. 1.4).

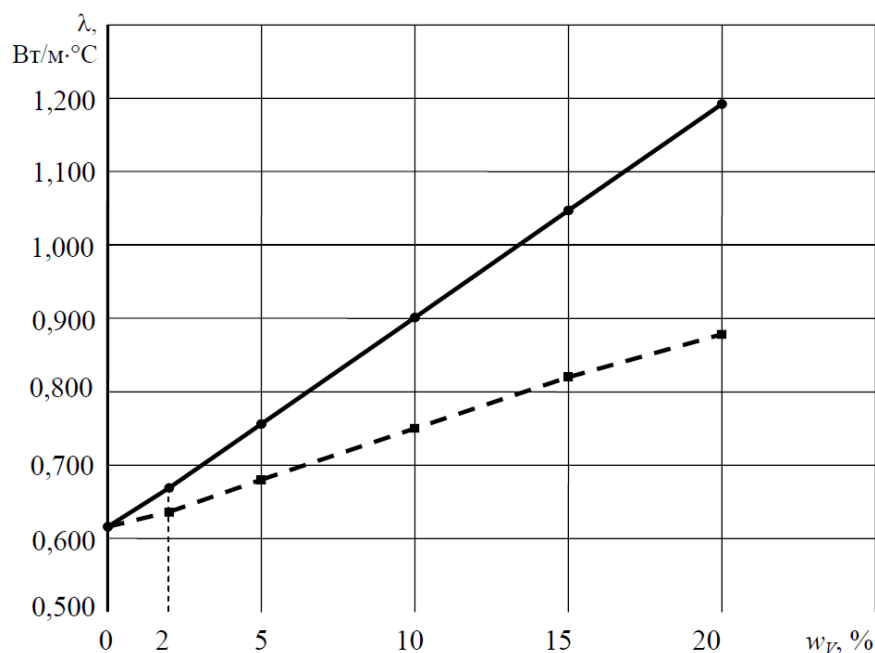


Рисунок 1.4 – Зміна теплопровідності червоної цегли з об'ємною густиною 1800 кг/м^3 в залежності від об'ємної вологості при плюсових (штрихова лінія) і мінусових (суцільна лінія) температурах [12]

В залежності від умов експлуатації встановлюються розрахункові коефіцієнти теплопровідності матеріалів, які завжди є вищими коефіцієнтів теплопровідності цих матеріалів в сухому стані. Для цегляної кладки значення коефіцієнтів λ вказуються як для комплексної конструкції, яка складається з цегли і кладочного розчину. В залежності від виду цегли і складу розчину коефіцієнти теплопровідності кладок суттєво відрізняються між собою навіть при однаковій об'ємній густині [5, 6, 19].

Важливою теплотехнічною характеристикою матеріалів є їх теплоємність – здатність матеріалів поглинати тепло при підвищенні температури [7]. Кількісно

теплоємність характеризується питомою теплоємністю C , яка рівна кількості теплоти в Дж, яка необхідна для підвищення температури 1 кг матеріалу на 1°C . Її розмірність $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$. Питома теплоємність підвищується при підвищенні вологості будівельного матеріалу [8].

1.4. Опір теплопередачі стін як показник їх теплозахисних властивостей

Як показано в п.1.2 процес передачі тепла через стіну в зимових умовах складається з трьох етапів: сприйняття тепла внутрішньою поверхнею стіни від повітря в приміщенні, передача його через товщину стіни і віддача зовнішньою поверхнею навколишньому середовищу. Враховуючи те, що потоки тепла, які потрапляють на стіну, проходять через його товщину і виходять назовні за умов стаціонарної теплопередачі, рівні між собою, можна додавши формули (1.6) – (1.8) і виконавши прості перетворення, отримати загальну формулу теплового потоку, який проходить через стіну [8], у вигляді

$$q_0 = \frac{t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}}{R_0}. \quad (1.13)$$

У формулі (1.13) величина R_0 рівна

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}, \quad (1.14)$$

називається опором теплопередачі огорожувальної конструкції [8]. Ця величина є показником теплозахисних властивостей огороження. З формули (1.14) очевидно, що теплозахист залежить від коефіцієнтів тепловіддачі α_i і α_e , товщини стіни δ і коефіцієнта теплопровідності матеріалу огороження (стіни) λ .

Величину

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda} \quad (1.15)$$

називають термічним опором огородження [11].

Для багатошарових огороджувальних конструкцій з паралельним розміщенням шарів до зовнішніх поверхонь R_k визначають за формулою [12]

$$R_k = \sum_{i=1}^n R_i = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad (1.16)$$

де $R_i = \delta_i / \lambda_i$ – термічний опір i -го шару конструкції товщиною δ_i і коефіцієнтом теплопровідності матеріалу λ_i .

У випадках, коли огороджувальна конструкція не однорідна (шари не розміщені паралельно, є теплопровідні включення і т. д.) при розрахунку R_0 визначають приведений термічний опір конструкції за спеціальною методикою [12].

1.5. Висновки за першим розділом

Стінові огороджувальні конструкції визначають теплозахисні характеристики будівель. При дослідженні фізичних основ і практичних аспектів процесів теплопередачі через стінові конструкції будівель виявлено три механізми передачі теплової енергії: конвективний теплообмін, випромінювання і теплопровідність будівельних матеріалів.

За результатами досліджень, виконаними іншими авторами, виявлено залежність теплотехнічних характеристик будівельних матеріалів від їх фізико-механічних властивостей (густини, пористості) та умов експлуатації (температури, вологості).

Одним з визначальних теплотехнічних показників для будівельних стінових матеріалів є їх коефіцієнт теплопровідності λ . Саме цей показник формує

значення термічного опору огорожувальної конструкції, отже і зумовлює високі теплоізоляційні характеристики будови в цілому.

Великий обсяг робіт, виконаних іншими авторами, свідчить про актуальність теми дослідження як для класичних стінових матеріалів, так і для сучасних мало вивчених матеріалів.

На жаль, розрахункові методи визначення теплотехнічних показників будови не можуть врахувати всіх чинників, які зумовлюють теплопередачу через стінові огорожувальні конструкції. Саме тому одним із завдань, які поставлені в роботі, є експериментальні дослідження поведінки стінових будівельних матеріалів при проходженні теплової енергії і аналіз їх результатів.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

2.1 Методи вимірювання коефіцієнта теплопровідності матеріалів

Дослідження теплопровідності матеріалів виконують у широкому діапазоні температур. Для дослідження використовують дві групи методів – стаціонарні і нестаціонарні [22]. Стаціонарні методи базуються на застосуванні незмінних в часі температурних полів і тому є простішими і досконалішими.

Нестаціонарні методи ґрунтуються на дослідженні змінних в часі за певними законами температурних полів. Вони складніші в реалізації. Основною трудностю є те, що в експерименті складніше реалізувати умови, закладені в теорії методу.

Теплопровідність твердих тіл, зокрема будівельних матеріалів, можна досліджувати методом плоского шару [23]. Схема установки подана на рис. 2.1.

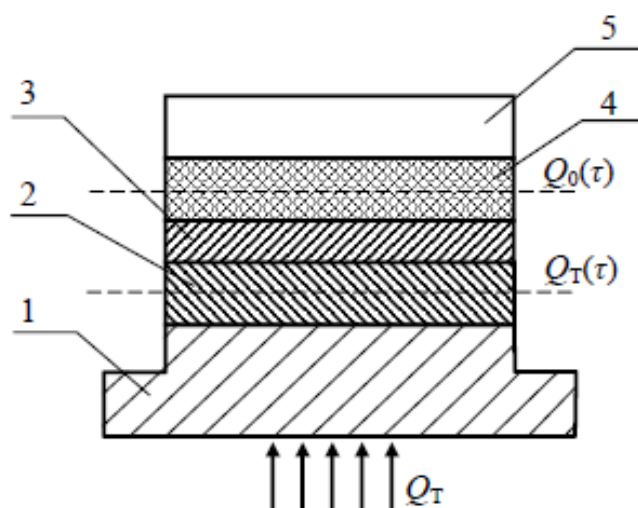


Рисунок 2.1 – Схема установки для дослідження теплопровідності будівельних матеріалів (тепломір) методом плоского шару

1 – основа; 2 – пластина; 3 – контактна пластина; 4 – досліджуваний зразок;
5 – стержень

Досліджуваний зразок 4 розміщують між опорним мідним стержнем 5 і мідною контактною пластиною 3. Частина теплового потоку тепломіра $Q_t(\tau)$ використовується для нагрівання зразка $Q_o(\tau)$.

Температурне поле в зразку 4 можна вважати лінійним. Коефіцієнт теплопровідності зразка визначається за формулою

$$\lambda = \frac{h}{RS}, \quad (2.1)$$

де h , R , S – висота, площа поперечного перерізу і тепловий опір зразка.

Величина R визначається за формулою

$$R = \frac{\Delta T(1+k)}{\Delta T_1 \cdot K(t)} - R_k, \quad (2.2)$$

де ΔT , ΔT_1 – перепад температур на зразку 4 і пластині 2; $K(T)$ – теплова провідність тепломіра; R_k – поправка, яка враховує тепловий опір контакту зразка з стержнем 5 і пластиною 3, а також контакту термопар з поверхнями, k – поправка, яка враховує вплив теплоємності зразка.

Поправка R_k і теплова провідність тепломіра визначається таруванням за еталонними зразками з кварцового скла і міді. Для підвищення точності їх визначення виконують не менше 5 дублюючих дослідів. Теплова провідність тепломіра визначається за формулою:

$$K(T) = \frac{c_e \cdot m_e}{t - t_a}, \quad (2.3)$$

де c_e і m_e – питома теплоємність і маса еталонного зразка.

Для дослідження коефіцієнта теплопровідності металів й інших матеріалів з високою теплопровідністю часто застосовують метод поздовжнього теплового потоку [24]. На одному з торців довгого зразка площею поперечного перерізу S

створюється рівномірний тепловий потік Q . Між двома перерізами зразка, розміщеними на віддалі l один від одного, вимірюють різницю температур

$$\Delta t = t_1 - t_2. \quad (2.4)$$

При відсутності бокових теплових втрат коефіцієнт теплопровідності зразка визначають за залежністю

$$\lambda = \frac{Q \cdot l}{S \cdot (t_1 - t_2)}. \quad (2.5)$$

Основною труднощію методу є створення одномірного осевого теплового потоку, його вимірювання і врахування теплових втрат з бокової поверхні зразка. Захист циліндричного зразка від бокових теплових втрат може бути здійснена за допомогою захисного циліндра (рис. 2.2), вздовж якого створюється температурне поле, яку повторяє поле зразка [7].

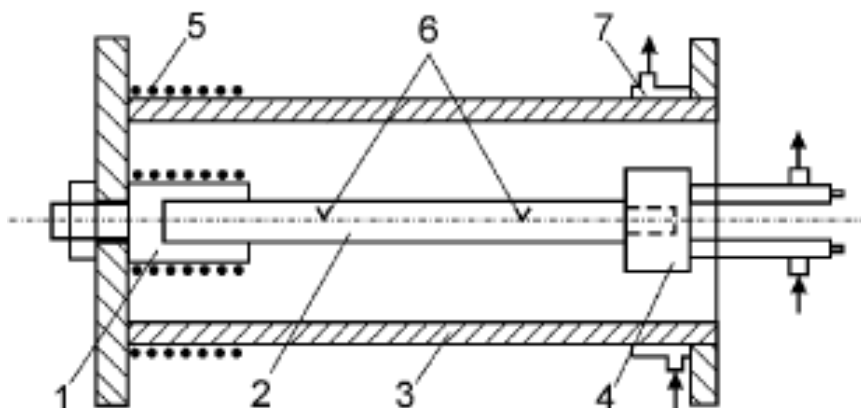


Рисунок 2.2 – Схема установки для дослідження теплопровідності матеріалів методом поздовжнього теплового потоку

1 – блок нагрівника; 2 – досліджуваний зразок; 3 – захисний циліндр;
4, 7 – холодильники; 5 – нагрівник захисного циліндра; 6 – термопари

Для зразків плоскої форми коефіцієнт теплопровідності матеріалу λ визначають за методом пластини [25]. Теоретичною основою методу пластини є основний закон теплопровідності (закон Фур'є), згідно з яким тепловий потік Q , що проходить через ізотермічну поверхню тіла пропорційний до площі цієї поверхні F і градієнту температур $grad(t)$:

$$Q = -\lambda \cdot F \cdot grad(t), \quad (2.6)$$

Для плоскої пластини за умов стаціонарного одномірного температурного поля основний закон теплопровідності запишеться у вигляді:

$$q = \frac{Q}{F} = \frac{\lambda}{\delta} (t_1 - t_2) \quad (2.7)$$

де δ – товщина зразка; t_1 і t_2 – значення температури на протилежних поверхнях зразка.

В приладі (рис. 2.3.) нагрівником 8 створюється тепловий потік $Q_T(\tau)$, частина якого $Q_o(\tau)$ використовується для нагрівання зразка. Інша частина теплового потоку Q_v (втрачене тепло) проходить в навколишнє середовище і не використовується для нагрівання досліджуваного зразка. Тому використовувати відоме значення теплового потоку від нагрівника в якості теплового потоку, що проходить через зразок, є некоректним.

Для зменшення впливу теплових втрат на результати експериментального визначення коефіцієнту теплопровідності досліди проводять зі зразками однакових розмірів з еталонного і досліджуваного матеріалів. Це забезпечує однакові умови дослідження і чистоту експериментальних результатів. При однаковому тепловому потоку нагрівника однаковими будуть і теплові потоки, які пройдуть через зразки.

Густину теплового потоку, який проходить через еталонний зразок, для якого коефіцієнт теплопровідності λ_e відомий, визначають за залежністю (2.7)

після експериментального визначення різниці температур. Отримане значення застосовують для визначення коефіцієнта теплопровідності досліджуваних зразків, значення температур на поверхнях яких визначають в дослідах з цими зразками.

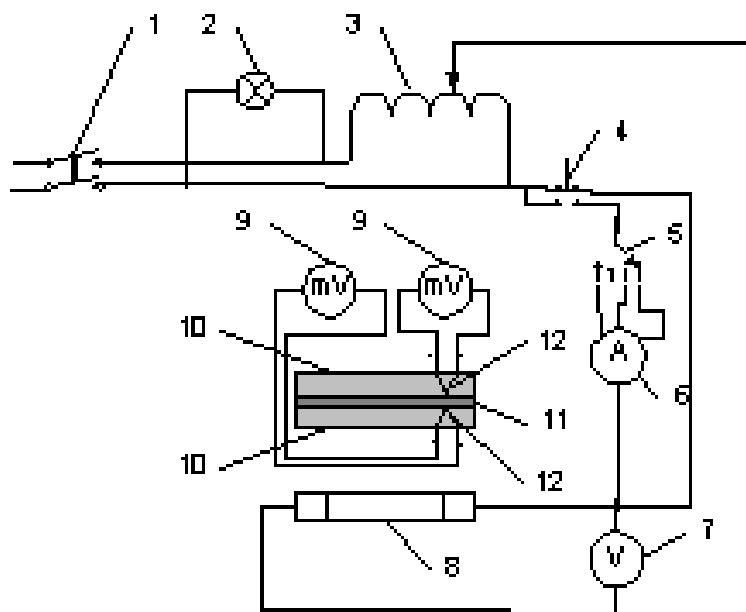


Рисунок 2.3 – Схема лабораторної експериментальної установки для дослідження теплопровідності матеріалів методом пластини

1 – вимикач приладу; 2 – контрольна лампочка; 3 – лабораторний автотрансформатор; 4 – вимикач амперметра; 5 – перемикач меж вимірювання амперметра; 6 – амперметр; 7 – вольтметр; 8 – нагрівник; 9 – термовольтметр; 10 – алюмінієва пластина; 11 – досліджуваний зразок; 12 – термопара

Коефіцієнт теплопровідності досліджуваного матеріалу λ визначають за залежністю

$$\lambda = q \cdot \frac{\delta}{t_1 - t_2}, \quad (2.8)$$

Похибка вимірювань приладу визначається за залежністю

$$\gamma = \left(\frac{2 \cdot \Delta t}{t_1 - t_2} \right) \cdot 100\%,$$

де Δt – максимальна похибка у вимірюванні температури (визначається за паспортом термометра).

2.2 Нормативна база для визначення теплопровідності будівельних матеріалів і виробів

Міждержавний стандарт ГОСТ 7076-99 «Матеріали і вироби будівельні. Методи визначення теплопровідності і термічного опору при стаціонарному тепловому режимі» [15] є чинним у 8 країнах, в т.ч. в Україні. Стандарт поширюється на будівельні матеріали і вироби і встановлює метод визначення їх теплопровідності.

Суть методу полягає у створенні теплового потоку, який проходить через плоский зразок певної товщини і спрямований перпендикулярно до лицьових граней зразка, вимірюванні температури протилежних лицьових граней і товщини зразка. Конструктивно це реалізується в приладах з одним (рис. 2.4) і двома (рис. 2.5) тепломірами.

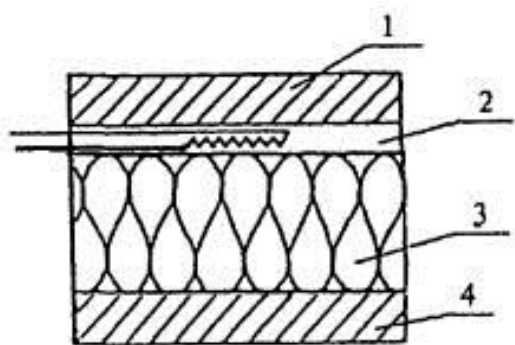


Рисунок 2.4 – Прилад з одним тепломіром: 1 – нагрівник; 2 – тепломір; 3 – зразок; 4 – охолоджувач

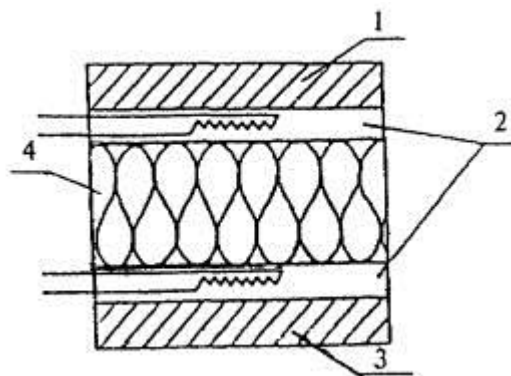


Рисунок 2.5 – Прилад з двома тепломірами: 1 – нагрівник; 2 – тепломір; 3 – охолоджувач; 4 – зразок

Нормативні показники для умов випробування подано в таблиці 2.1, а метрологічні показники для умов випробувань подано в таблиці 2.2.

Таблиця 2.1

Нормативні показники для умов випробування

Назва показника	Характеристика показника
Діапазоні температур	від мінус 40 до + 200 ⁰ С
Тепловий потік	стаціонарний
Необхідна кількість зразків	5
Температура повітря при випробуваннях	(22±5) ⁰ С
Відносна вологість повітря при випробуваннях	(50±10)%
Форма зразка для випробування	прямокутний паралелепіпед
Відхилення від паралельності лицьових граней зразка	не більше 0,5 мм
Форма лицьових граней зразка	площина прямокутної форми
Розміри лицьових граней зразка	рівні за розмірами з робочими плитами приладу

Таблиця 2.2

Метрологічні показники для умов випробувань

Назва показника	Характеристика показника
Прилад визначення теплопровідності	В залежності від необхідної точності результатів
Штангенциркуль ШЦ-I-125х0,1	Діапазон 0...125 мм, точність 0,1 мм
Штангенциркуль ШЦ-II -250х0,05	Діапазон 0...250 мм, точність 0,05 мм
Лінійка стальна	Діапазон 0...1000 мм, точність 0,5 мм
Ваги лабораторні	Діапазон 0...5 кг, точність 0,1 г
Електрошафа сушильна	Нагрів до 110 ⁰ С, похибка до 5 ⁰ С

Допускається застосування інших приладів та засобів вимірювання з метрологічними показниками не нижчими, ніж вказані в стандарті [27...33].

Зразок для випробувань встановлюють в прилад. При горизонтальному розміщенні зразка напрям теплового потоку повинен бути зверху вниз.

Прилад повинен мати каркас з ізоляцією бокових граней досліджуваного зразка шаром теплоізоляційного матеріалу. Прилад повинен бути оснащений пристроєм, який створює постійний тиск на досліджуваний зразок або підтримує постійний зазор між робочими поверхнями плит приладу.

Випробування повинні проводитися в попередньо тарованому приладі. Тарування приладу слід виконувати за допомогою трьох атестованих стандартних зразків термічного опору, виготовлених з оптичного кварцового скла, органічного скла, пінопласту або скловолокна. Розміри стандартних зразків повинні бути рівні розмірам зразків, які підлягають випробуванням. В процесі тарування приладу температура лицьових граней стандартних зразків повинна бути відповідно рівна тим температурам, які в процесі випробувань будуть мати лицьові грані досліджуваного зразка.

За результатами випробувань визначають густину теплового потоку даного приладу.

Тарування приладу виконують впродовж 24 год. перед випробуваннями або після випробувань. Якщо згідно результатів тарування, виконаних впродовж 3 місяців, зміни тарувального коефіцієнта не перевищують $\pm 1\%$, то такий прилад можна тарувати 1 раз в 15 днів.

Товщину зразка паралелепіпеда вимірюють штангенциркулем з точністю 0,1 мм в чотирьох кутах на віддалі (50 ± 5) мм від вершини кута і посередині кожної сторони. Довжину і ширину зразка визначають за допомогою лінійки з похибкою не більше 0,5 мм.

Визначають масу зразка M_1 при його отриманні від постачальника. Зразок висушують до постійної маси. Зразок вважається висušеним до постійної маси, коли втрата його маси після чергового висушування впродовж 0,5 год не перевищує 0,1%. Після закінчення сушки визначають масу зразка M_2 і його

густину ρ_u . Після цього зразок встановлюють в прилад або в герметичну посудину.

Впродовж випробування різниця температур лицьових граней зразка повинна бути 10...30 °С.

При випробуваннях встановлюють значення робочих температур плит приладу і послідовно через кожних 300 с виконують вимірювання температури лицьових граней зразка.

Тепловий потік через досліджуваний зразок вважають стаціонарним, якщо значення термічного опору зразка, визначені за результатами 5 послідовних вимірювань сигналів датчиків температур і густини теплового потоку відрізняються один від одного не більше 1%, при цьому ці величини не зростають і не спадають монотонно.

Відносна похибка визначення ефективної теплопровідності і термічного опору за даним методом не перевищує $\pm 3\%$, якщо випробування виконані згідно з вимогами цього стандарту.

2.3 Промислові прилади для експериментального визначення теплопровідності матеріалів

Для визначення коефіцієнта теплопровідності твердих матеріалів різної структури розроблено декілька промислових приладів (табл. 2.3) [6,7,11].

Вимірювач теплопровідності ИТП-МГ4 призначений для визначення коефіцієнта теплопровідності і термічного опору будівельних матеріалів (кераміка, скло, бетон, дерево) при стаціонарному тепловому режимі (рис. 2.6). Конструктивно вимірювач теплопровідності виконаний у вигляді двох блоків: установки для нагрівання (охолодження) зразків і вимірювального блоку.

Принцип роботи вимірювача теплопровідності ИТП-МГ4 полягає у створенні стаціонарного теплового потоку, який проходить через плоский зразок певної товщини і спрямованого перпендикулярно до лицьових граней зразка,

вимірюванні товщини зразка, густини теплового потоку і температури двох протилежних лицьових граней.

Таблиця 2.3

**Характеристика промислових приладів для вимірювання
теплопровідності твердих матеріалів різної структури [6]**

Тип приладу	Досліджувані матеріали	Діапазон температур, °C	Діапазон вимірювань λ , Вт/м·°C
ИТО-20	Тверді	20...100	0,1...5
ИТЭМ-1	Метали, сплави, кераміка	50...100	0,2...80
ИТ- λ -20	Тверді	20...100	0,1...10
ИТ- λ -400	Пластмаса, скло, кераміка	20...400	0,1...5,0
КДМ- λ -900	Тверді	50...900	10...100
РТК-20	М'які, шкіра, тканина, вовна	20	0,03...1,5
ИТС-2	Теплоізоляція	20...400	0,1...5,0
ИТСМ-1	Грубодисперсні	-150... +100	0,02...1,5
ИТП-МГ4	Кераміка, скло, бетон, дерево	20...100	0,1...10

В корпусній частині приладу розміщено теплоізовльовану камеру з площадкою для встановлення досліджуваного зразка, блок стабілізованого живлення, нагрівник, два термодавачі для вимірювання температури на нижній і верхній лицьових гранях зразка.

У верхній частині приладу розміщений затискний гвинт 1 з відліковим пристроєм 2 для визначення товщини зразка і динамометричним пристроєм 3

тріскавкою для створення постійного зусилля притискання досліджуваного зразка.

Розрахунок коефіцієнта теплопровідності λ досліджуваного зразка виконується обчислювальним пристроєм приладу за залежністю (2.6).

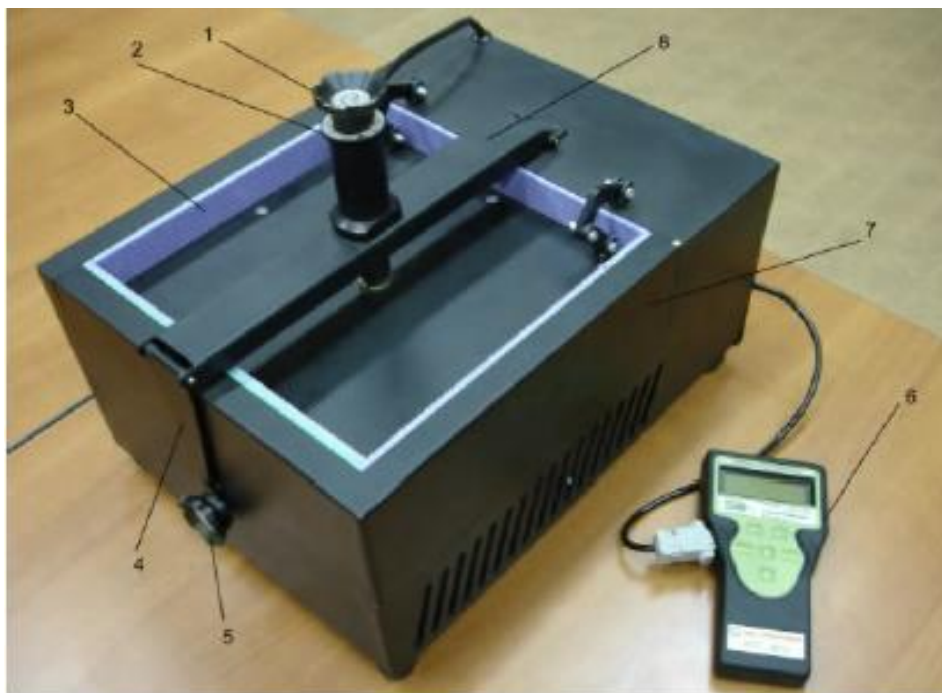


Рисунок 2.6 – Загальний вигляд вимірювача теплопровідності ИТП-МГ4

- 1 – притискний гвинт; 2 – відліковий пристрій товщини зразка; 3 – теплоізоляція;
 4 – поводок; 5 – ексцентриковий замок; 6 – відліковий блок;
 7 – корпус; 8 - коромисло

2.4 Конструктивні особливості розробленого приладу для визначення коефіцієнта теплопровідності будівельних матеріалів

Конструкція приладу для визначення коефіцієнта теплопровідності будівельних матеріалів розроблена на підставі теоретичних основ теплотехнічних досліджень матеріалів за методом пластини [6] та вимог нормативних документів [15]. Крім того були враховані і реалізовані конструктивні особливості промислового вимірювача теплопровідності ИТМ-МГ4.

Прилад розроблений для дослідження теплопровідності стінових будівельних матеріалів, зокрема цегли. Виходячи з цього конструкція приладу передбачає встановлення зразків лише з розмірами 250x120x65 мм. Причому тепловий потік через зразок в приладі проходить перпендикулярно до граней 250x65 мм, що відповідає реальним умовам експлуатації цегли. Така особливість приладу дає можливість адекватно порівнювати теплопровідність суцільної стінової цегли, цегли з отворами і облицювальної пустотілої цегли з врахуванням анізотропії останніх.

Прилад забезпечує можливість дослідження теплопровідності й інших матеріалів за умови виготовлення зразків у вигляді прямокутного паралелепіпеда з розмірами 250x120x65 мм. Для навчальних цілей допускається тарування приладу за допомогою попередньо висушеної суцільної керамічної цегли, теплотехнічні характеристики якої визначені на атестованому приладі.

Конструкцію приладу подано на рис. 2.7 та 2.8.

Конструктивно прилад складається зі сталюого коробчастого кожуха 1, внутрішня порожнина стінок в якому заповнена тепло ізолюючим матеріалом (мінеральною ватою) 2. В нижній частині приладу встановлено рідинний охолоджувач 3, через який прокачується термоконстантна рідина, що забезпечує стабільну температуру контактної плити 4. На контактну плиту 4 встановлюють зразок для випробування 5 нижньою лицьовою гранню, до якої закріплено тепломір 6. На верхню лицьову грань зразка встановлено тепломір 7 і нагрівник 8. Нижня частина нагрівника 8 виконана у вигляді контактної площадки за розміром зразка, а верхня частина – у вигляді масивної сталюї плити 9 товщиною 6 мм для забезпечення постійного контактного зусилля між нагрівником і верхньою лицьовою поверхнею зразка. Зразок встановлюють для випробувань через верхню кришку 10, попередньо забравши з верхньої частини коробка тепло ізолятор 2 і нагрівник 8.

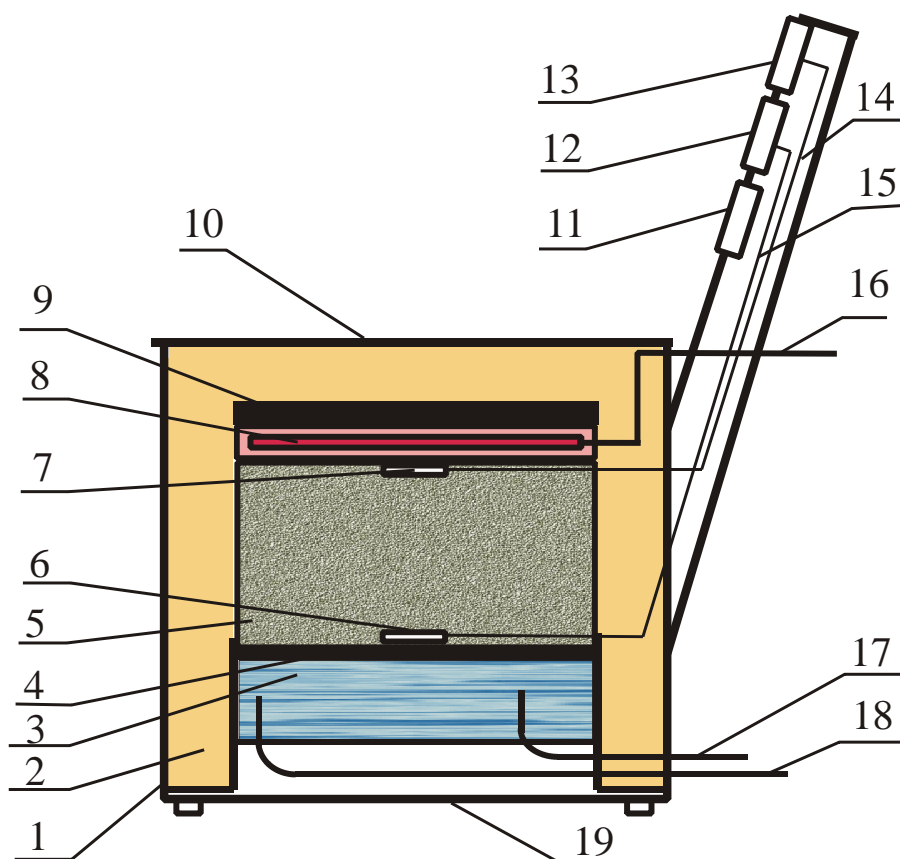


Рисунок 2.7 – Конструкція приладу для експериментального визначення коефіцієнта теплопровідності будівельних матеріалів (осьовий переріз)

1 – кожух; 2 – теплоізолятор; 3 – охолоджувач; 4 – контактна плита; 5 – зразок; 6 – нижній термодавач; 7 – верхній термодавач; 8 – нагрівник; 9 – притискач; 10 – верхня кришка; 11 – таймер; 12 – цифровий пристрій нижнього термодавача; 13 – цифровий пристрій верхнього термодавача; 14, 15 – провідники від термодавачів; 16 – мережевий шнур живлення; 17, 18 – напірний і зливний патрубки охолоджувача; 19 – нижня кришка

Для контролю за параметрами випробувань на приладі встановлено таймер 11, цифрові відлікові прилади 12 та 13 для контролю температури відповідно на нижній та верхній лицьових гранях.

На конструктивній схемі, крім описаних елементів, показані електровідвідники між тепломірами 6, 7 та відповідними відліковими пристроями 12 та 13, мережевий шнур 16 для живлення нагрівника, напірний та зливний патрубки

охолоджувача 17 і 18, через які пропускають термоконстантну рідину, та нижня кришка приладу 19.



а



б



в

Рисунок 2.8 – Фото приладу для експериментального визначення коефіцієнта теплопровідності будівельних матеріалів:

а – зі знятою кришкою, б – відлікова частина; в – в процесі експерименту

2.5 Методика виконання експериментальних досліджень

Експериментальне визначення коефіцієнта теплопровідності будівельних матеріалів виконано з врахуванням методичних особливостей, які розроблені і використані іншими дослідниками [13,15, 34...39].

Перед початком експериментальних досліджень слід перевірити справність приладу візуально (відсутність видимих пошкоджень електричних провідників, слідів пошкодження конструктивних елементів, роботу нагрівника та тепломірів (перед ввімкненням нагрівника обидва прилади повинні показувати однакову температуру, яка рівна температурі повітря в приміщенні).

За показами кімнатного термометра і гігрометра визначити температурно-вологісний режим в приміщенні й порівняти їх з нормативними вимогами (див. п. 2.2).

Визначити густину теплового потоку приладу за допомогою еталонних зразків. Отримати це значення розрахунковими методами досить важко, оскільки тепло в нагрівнику приладу витрачається не лише на нагрівання зразка, але й елементів приладу та навколишнього середовища, не дивлячись на наявну теплоізоляцію. Тому зазвичай густину теплового потоку визначають за еталонними зразками з відомим коефіцієнтом теплопередачі. Для цього використовують вже наведену вище залежність (1.7):

$$q = \frac{\lambda}{\delta}(\tau_{si} - \tau_{se}), \text{ Вт/м}^2.$$

Для цього встановлюють в прилад еталонний зразок і вмикають нагрівання. Фіксують покази нижнього і верхнього тепломіра згідно з нормативними вимогами через 300 с аж до встановлення стаціонарного теплового потоку, тобто коли покази тепломірів, визначені за результатами 5 послідовних вимірювань, відрізняються один від одного не більше 1%, при цьому ці величини не зростають і не спадають монотонно.

Після встановлення стаціонарного теплового потоку визначають його густину, враховуючи температуру за показами тепломірів [15].

Забезпечивши стабільною температурою в охолоджувачі прокачуванням термостатної рідини, виконують дослідження теплопровідності зразків з невідомими теплотехнічними характеристиками в тій же послідовності. Значення коефіцієнта теплопровідності λ для досліджуваного матеріалу визначають за залежністю, отриманою з формули (1.7), а саме

$$\lambda = q \frac{\delta}{\tau_{si} - \tau_{se}}, \text{ Вт/м}\cdot\text{град} \quad (2.1)$$

Визначають термічний опір зразка за вище наведеною залежністю (1.15), а саме:

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda}, \text{ м}^2\cdot\text{град/ Вт}$$

Визначають геометричні розміри зразка, його масу, вологість та інші характеристики і заносять їх значення в протокол експериментальних досліджень.

Будують графік передачі теплового потоку через зразок для стаціонарного теплового режиму [40].

Роблять висновки за результатами досліджень.

2.6 Висновки за другим розділом

Методичні аспекти дослідження теплопровідності будівельних матеріалів базуються на вимогах чинної нормативно-технічної документації та на досвіді попередніх досліджень, виконаних різними авторами. Такий підхід дає можливість отримати достовірні результати досліджень і можливість їх

порівняння з теплотехнічними характеристиками матеріалів, отриманими за результатами літературного огляду.

В процесі виконання роботи розроблено конструкцію і виготовлено прилад для дослідження теплопровідності цегли стандартних розмірів. Можливе застосування приладу для дослідження інших будівельних матеріалів, за умови, що зразки матимуть аналогічні розміри. Це дає можливість виконати якісне порівняння теплотехнічних показників досліджуваних матеріалів, а саме коефіцієнта теплопровідності матеріалу та термічного опору зразка.

Прийняте рішення про тарування приладу еталонним зразком суцільної стінової керамічної цегли попередньо висушеної до відсутності втрати маси. Таку цеглу попередньо досліджено на сертифікованому приладі й визначено її коефіцієнт теплопровідності та термічний опір.

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ СТІНОВИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

3.1 Дослідження теплопровідності цегли

3.1.1 Роль цегли як стінового матеріалу

Цегла є одним з прадавніх штучно створених людством матеріалів, який широко застосовується в будівництві. Як стіновий будівельний матеріал цегла знайшла широке застосування і в Україні. З нього за багато сотень років на території України зведено багато будівель, які мають економічну, історичну, культурну і архітектурну цінність.

Стіни є основним елементом остову будівлі, які спільно з фундаментами і перекриттями забезпечують його жорсткість і стійкість. Отже, зовнішні тримкі стіни повинні виконуватися з міцних матеріалів. Однак такі матеріали мають підвищену теплопровідність [40...44]. Оптимальне поєднання міцності й теплоізоляції є в цегли.

На сьогоднішній день індустрія будівельних матеріалів виготовляє багато різноманітних типів цегли (суцільну, пористу і порожнинну, випалювального і автоклавного твердіння, звичайну і полегшену, стінову і облицювальну тощо).

Для розробки будівельних проектів, розрахунків параметрів проєктованих будівель необхідно мати достовірні показники властивостей конкретних матеріалів, які застосовуватимуться в будівництві конкретного об'єкта.

Сучасна довідкова база дає можливість за нормативною документацією визначити практично всі технічні характеристики існуючих будівельних матеріалів, але, на жаль, фактичні характеристики реальних матеріалів дуже часто суттєво відхиляються від вказаних в Державних будівельних нормах. Саме тому виникає необхідність виконувати дослідження конкретних будівельних матеріалів, зокрема і тих, які опрацьовані в дипломній роботі.

Особливо актуальним є дослідження властивостей нових будівельних матеріалів, оскільки інформація про їх властивості в літературі обмежена [45, 46].

3.1.2 Тарування приладу для теплотехнічних досліджень будівельних матеріалів

Для дослідження теплотехнічних характеристик будівельних матеріалів, зокрема коефіцієнта теплопровідності (ефективної теплопровідності) матеріалу і термічного опору зразка, згідно чинних нормативних вимог [15] виконано тарування приладу. Для тарування вибрано суцільну керамічну цеглу (рис. 3.1)



Рисунок 3.1 – Зразок суцільної керамічної цегли, використаний для дослідження

Результати тарування подано у вигляді Протоколу №1.

ПРОТОКОЛ № 1

тарування приладу

для дослідження теплопровідності будівельних матеріалів

Досліджуваний матеріал	Еталонний зразок з висушеної керамічної цегли					
Дата дослідження	25.04.2013					
Час експерименту	Початок, (год., хв.)	08:22	Кінець, (год., хв.)	14:37	Тривалість, (хв.)	375

Умови випробувань в лабораторії	Температура повітря, °С	19,0	Вологість повітря, %	65		
Характеристика приладу						
Тепловий потік	Стаціонарний					
Охолоджувач	Термоконстантна вода $\tau=16^{\circ}\text{C}$					
Термометр (2 шт.)	Цифровий, від -40 до $+70^{\circ}\text{C}$, точність $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$					
Таймер	Цифровий, від 0 до 24 год., точність $\pm 0,1$ с					
Густина теплового потоку, Вт/м ²	Див. в результатах дослідження					
Характеристика зразка						
Тип зразка	Прямокутний паралелепіпед					
Метрологічні показники зразка						
Розміри зразка	Замір 1	Замір 2	Замір 3	Замір 4	Серед-не	Інстру-мент
Товщина зразка δ , мм	120,5	119,4	119,8	119,7	119,8	ШЦ-I
Довжина зразка, a , мм	250	249	251	249	249,8	Лінійка
Ширина зразка, b , мм	65	64	64	66	64,8	Лінійка
Маса зразка, m , кг	3,644				Вага	
Розрахункові показники зразка						
Об'єм зразка, V , м ³	$1,93 \cdot 10^{-3}$	Густина матеріалу ρ , кг/м ³	1888	Вологість матеріалу, %	0	
Коефіцієнт теплопровідності λ , Вт/м ⁰ С			0, 423			

Динаміка проходження теплового потоку через матеріал										
Час, з, хв.	Темпе- ратур а τ_{si} , $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура τ_{se} , $^{\circ}\text{C}$	Час, з, хв.	Темпе- ратура τ_{si} , $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура τ_{se} , $^{\circ}\text{C}$	Час, з, хв.	Темпе- ратура τ_{si} , $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура τ_{se} , $^{\circ}\text{C}$		
1	2	3	1	2	3	1	2	3		
0	19,0	19,0	15	21,0	19,0	30	22,1	18,9		
45	23,2	17,7	60	24,1	16,4	90	25,2	16,7		
105	26,4	17,1	120	27,3	17,3	135	28,4	17,6		
150	29,4	18,1	165	30,1	18,3	180	30,6	18,4		
195	31,1	18,6	210	31,5	19,1	225	32,1	19,3		
240	32,6	19,5	255	33,1	19,7	270	33,6	19,8		
285	33,8	19,9	300	34,0	20,0	315	34,3	20,1		
330	34,3	20,1	345	34,2	20,1	360	34,3	20,0		
375	34,3	20,1								
Результати дослідження										
Характеристика стаціонарного теплового потоку				τ_{si} , $^{\circ}\text{C}$	τ_{se} , $^{\circ}\text{C}$	Температурний градієнт $\Delta\tau$, $^{\circ}\text{C}$		14,2		
				34,3	20,1					
Густина теплового потоку q , Вт/м^2				50,1	Термічний опір зразка R_k , $\text{м}^2\cdot\text{град/Вт}$		0,283			
Дослідження виконав				(підпис)		Матенька І.				

За показами кімнатного термометра і гігрометра визначено температурно-вологісний режим в приміщенні й виявлено його узгодження з нормативними вимогами (див. п. 2.2).

Визначено метрологічні показники зразка і внесено в протокол №1 дослідження.

Для тарування приладу використано суцільну керамічну цеглину стандартних розмірів (див. протокол №1 тарування приладу), яку попередньо дослідили на сертифікованому вимірювачі теплопровідності мод. ИТП-МГ4 (інв. № 271521) в Тернопільському регіональному центрі стандартизації і метрології. Для збереження зразка в якості еталонного дослідження виконані при нульовій вологості матеріалу, тобто перед теплотехнічними дослідженнями зразок висушили до припинення втрати маси. За результатами таких досліджень визначено коефіцієнт теплопровідності матеріалу $\lambda = 0,523$ Вт/м·град.

За еталонними зразками з відомим коефіцієнтом теплопровідності визначено густину теплового потоку, яку формує наш прилад. Для цього використовують вже наведену вище залежність (1.7):

$$q = \frac{\lambda}{\delta} (\tau_{si} - \tau_{se}), \text{ Вт/м}^2.$$

Дослідження виконано таким чином. Еталонний зразок встановлюють в прилад і вмикають нагрівання. Фіксують покази нижнього і верхнього тепломіра через 15 хв. Аж до встановлення стаціонарного теплового потоку, тобто коли покази тепломірів, визначені за результатами 5 послідовних вимірювань, відрізняються один від одного не більше 1%, при цьому ці величини не зростають і не спадають монотонно.

Після встановлення стаціонарного теплового потоку визначають його густину, враховуючи температуру за показами тепломірів.

За результатами досліджень еталонного зразка температура при встановленому стаціонарному тепловому потоці:

- на верхньому тепломірі $\tau_{si} = 34,3$ °C;
- на нижньому тепломірі $\tau_{se} = 20,1$ °C;
- температурний градієнт $\Delta \tau = 14,2$ °C.

За відомим значенням коефіцієнта теплопровідності матеріалу еталонної цегли $\lambda = 0,423$ Вт/м·град та товщиною зразка $\delta = 119,8$ мм за залежністю (1.7) отримано густину теплового потоку q , яку формує даний прилад:

$$q = \frac{0,423}{119,8 \cdot 10^{-3}} (34,3 - 20,1) = 50,1 \text{ Вт/м}^2.$$

Визначено термічний опір зразка за вище наведеною залежністю (1.15), а саме:

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda}, \text{ м}^2 \cdot \text{град/Вт}.$$

З врахуванням визначених вище значень величин, що входять у формулу, отримано величину термічного опору зразка:

$$R_k = \frac{119,8 \cdot 10^{-3}}{0,423} = 0,283 \text{ м}^2 \cdot \text{град/Вт}.$$

Результати розрахунків внесено у протокол №1.

3.1.3 Дослідження теплопровідності суцільної сухої керамічної цегли

Сухою вважають цеглу, яка знаходиться тривалий час (понад 4 тижні) на вулиці в умовах сухої погоди (під провітрюванням накриттям). Саме такий зразок досліджували в цій частині роботи. Для випробування використана еталонна цегла (рис. 3.2) перед її висушуванням (див. дати випробувань). Фактичну вологість цієї цегли за масою визначали за залежністю

$$\omega_M = (m_B - m_C) \cdot 100\% / m_C \quad (3.1)$$

де m_B – маса цегли у вихідному стані (перед висушуванням), кг;

m_c – маса цегли після висушування (до припинення втрати маси), кг.



Рисунок 3.2 – Зразок суцільної керамічної цегли, використаний для дослідження

За результатами зважування

$$m_b = 3,670 \text{ кг};$$

$$m_c = 3,644 \text{ кг}.$$

Таким чином за залежністю (3.1) визначено її вологість:

$$\omega_m = (3,670 - 3,644) \cdot 100\% / 3,644 = 0,7\%.$$

Отже, вологість за масою досліджуваного зразка $\omega_m = 0,7\%$.

Дослідження виконані аналогічно описаним в попередньому пункті, однак тут за відомою густиною теплового потоку визначено коефіцієнт теплопровідності матеріалу. Результати досліджень подано у протоколі №2

ПРОТОКОЛ № 2

дослідження теплопровідності суцільної сухої керамічної цегли

Досліджуваний матеріал	Зразок з сухої керамічної цегли					
Дата дослідження	24.04.2013					
Час експерименту	Початок, (год., хв.)	08:00	Кінець, (год., хв)	14:15	Трива- лість, (хв.)	375
Умови випробувань в лабораторії	Температура повітря, °C		19,0	Вологість повітря, %		65
Характеристика приладу						
Тепловий потік		Стаціонарний				
Охолоджувач		Термоконстантна вода $\tau=16^{\circ}\text{C}$				
Термометр (2 шт.)		Цифровий, від -40 до $+70^{\circ}\text{C}$, точність $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$				
Таймер		Цифровий, від 0 до 24 год., точність $\pm 0,1$ с				
Густина теплового потоку $q, \text{Вт/м}^2$		50,1				
Характеристика зразка						
Тип зразка	Прямокутний паралелепіпед					
Метрологічні показники зразка						
Розміри зразка	Замір 1	Замір 2	Замір 3	Замір 4	Середн є	Інстру- мент
Товщина зразка δ , мм	120,5	119,4	119,8	119,7	119,8	ШЦ-I
Довжина зразка, a , мм	250	249	251	249	249,8	Лінійка
Ширина зразка, b , мм	65	64	64	66	64,8	Лінійка
Маса зразка, m , кг	3,670					Вага

Розрахункові показники зразка									
Об'єм зразка, V, м ³		1,93·10 ⁻³	Густина матеріалу ρ, кг/м ³		1902	Вологість матеріалу, %		0,7	
Динаміка проходження теплового потоку через матеріал									
Час, з, хв	Темпе ратур а τ _{si} , °C	Темпе ратура τ _{se} , °C	Час, з, хв	Темпе- ратура τ _{si} , °C	Темпе- ратура τ _{se} , °C	Час, з, хв	Темпе- ратура τ _{si} , °C	Темпе ратура τ _{se} , °C	
1	2	3	1	2	3	1	2	3	
0	19,0	19,0	15	19,8	18,9	30	21,4	18,6	
45	22,6	18,5	60	23,5	18,6	90	25,9	18,8	
105	26,4	19,0	120	27,9	19,2	135	28,7	19,4	
150	29,1	19,5	165	29,9	19,6	180	30,1	19,7	
195	30,4	19,8	210	31,2	19,9	225	31,6	19,9	
240	31,7	20,0	255	31,8	20,0	270	31,8	20,0	
285	31,9	20,1	300	32,2	20,1	315	32,3	20,2	
330	32,2	20,2	345	32,3	20,1	360	32,3	20,2	
375	32,3	20,2							
Результати дослідження									
Характеристика стаціонарного теплового потоку				τ _{si} , °C	τ _{se} , °C	Температурний градієнт Δτ, °C		12,1	
				32,3	20,2				
Коефіцієнт теплопровідності λ, Вт/м·°C				0,589	Термічний опір зразка R _k , м ² ·град/Вт		0,203		
Дослідження виконав				(підпис)		Матенька І.			

За результатами випробувань отримано графік, який візуалізує динаміку проходження теплового потоку через досліджуваний матеріал (рис. 3.3).

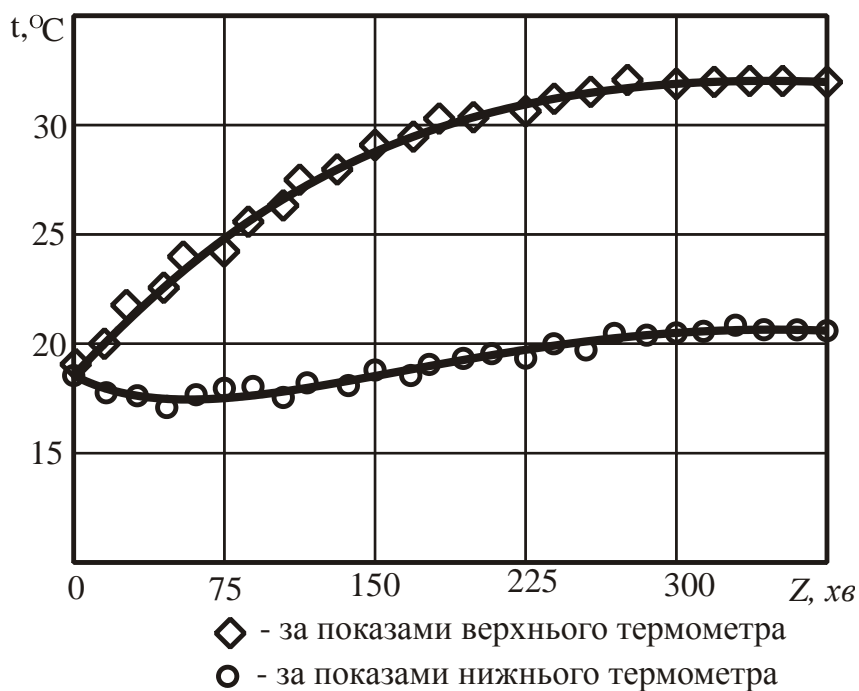


Рисунок 3.3 – Динаміка проходження теплового потоку через досліджуваний матеріал

За отриманими експериментальними результатами визначені теплотехнічні характеристики сухої цегли, а саме

– коефіцієнт теплопровідності за формулою (2.1):

$$\lambda = q \frac{\delta}{\tau_{si} - \tau_{se}} = 50,1 \frac{0,1198}{32,3 - 20,2} = 0,589 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C};$$

– термічний опір зразка за формулою (1.15):

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,1198}{0,589} = 0,203 \text{ м}^2 \cdot \text{град/Вт}.$$

Отримані розрахункові результати внесено в протокол №2.

Порівнявши результати дослідження теплотехнічних характеристик висушеної цегли і цегли з природною вологістю за масою $\omega_m = 0,7\%$, виявлено співвідношення C для коефіцієнтів теплопровідності λ , а саме:

$$C=(0,589-0,423)\cdot 100\%/0,423=39\%.$$

У такій самій відносній залежності знаходяться і значення термічного опору зразка. Отже, при збільшенні вологості цегли від 0 до 0,7% матеріал втрачає свої теплоізоляційні властивості на 39%, що є дуже суттєвим.

Виходячи з цього можна зробити висновок, що при використанні цегли в якості стінового матеріалу (огорожуюча конструкція) слід вживати заходів для гідроізоляції матеріалу.

3.1.4 Дослідження теплопровідності суцільної вологої керамічної цегли

Експериментальну частину по дослідженню теплопровідності суцільної вологої керамічної цегли виконано згідно з методикою, описаною в розділі 2 і застосованою в попередніх пунктах. Особливістю цієї частини роботи є те, що зразки перед випробуваннями зволожували для досягнення певного ступеня вологості за масою ω_M .

Згідно завдання до дипломної роботи необхідно дослідити теплопровідність суцільної керамічної цегли зі ступенем вологості за масою 2%, 4%, 6% і 8%.

Для досягнення цього вихідним матеріалом взято висушену цеглу з нульовою вологістю ($\omega_M=0$). Її маса в такому стані становить 3,644 кг (див. протокол №1). Вихідний зразок змочували певною кількістю води ($m_B - m_C$), яку визначали за залежністю, отриманою з (3.1):

$$\omega_M = (m_B - m_C) \cdot 100\% / m_C$$

$$(m_B - m_C) = \omega_M \cdot m_C / 100\%$$

Інформацію про підготовлені до теплотехнічних випробувань зразки подано в табл. 3.1.

Характеристика вологих зразків суцільної керамічної цегли

ω_M , %	m_c , КГ	m_b , КГ	$m_b - m_c$, КГ	δ , м	V , м ³	ρ , кг/м ³
2	3,644	3,717	0,073	0,1198	$1,93 \cdot 10^{-3}$	1926
4	3,644	3,790	0,146	0,1198	$1,93 \cdot 10^{-3}$	1964
6	3,644	3,863	0,219	0,1198	$1,93 \cdot 10^{-3}$	2001
8	3,644	3,936	0,292	0,1198	$1,93 \cdot 10^{-3}$	2039

Для забезпечення незмінних значень вологості зразків ω_M упродовж випробувань перед встановленням їх в прилад бокові сторони гідроізолювали поліетиленовою плівкою, яка не допускала висушування зразків під час випробувань.

Інформацію, отриману за результатами випробувань, подано в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Теплотехнічні характеристики суцільної керамічної цегли з різним ступенем вологості за масою ω_M

ω_M , %	τ_{si} , °C	τ_{se} , °C	$\Delta \tau$, °C	q , Вт/м ²	λ , Вт/м·°C	R , м ² ·град/Вт
2	28,9	19,7	9,2	50,1	0,811	0,148
4	26,7	19,2	7,5	50,1	0,992	0,121
6	25,2	18,8	6,4	50,1	1,16	0,103
8	24,2	18,4	5,8	50,1	1,28	0,094

За отриманими експериментальними результатами визначені теплотехнічні характеристики вологої цегли, а саме

- коефіцієнт теплопровідності λ для кожної вологості за формулою (2.1):

$$\lambda_{2\%} = q \frac{\delta}{\tau_{si} - \tau_{se}} = 50,1 \frac{0,1198}{28,9 - 19,7} = 0,811 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C};$$

$$\lambda_{4\%} = q \frac{\delta}{\tau_{si} - \tau_{se}} = 50,1 \frac{0,1198}{26,7 - 19,2} = 0,992 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C};$$

$$\lambda_{6\%} = q \frac{\delta}{\tau_{si} - \tau_{se}} = 50,1 \frac{0,1198}{25,2 - 1,8} = 1,16 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C};$$

$$\lambda_{8\%} = q \frac{\delta}{\tau_{si} - \tau_{se}} = 50,1 \frac{0,1198}{24,2 - 18,4} = 1,28 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C};$$

– термічний опір зразка R_k для кожної вологості за формулою (1.15):

$$R_{k2\%} = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,1198}{0,811} = 0,148 \text{ м}^2 \cdot \text{град/ Вт};$$

$$R_{k4\%} = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,1198}{0,992} = 0,121 \text{ м}^2 \cdot \text{град/ Вт};$$

$$R_{k6\%} = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,1198}{1,16} = 0,103 \text{ м}^2 \cdot \text{град/ Вт};$$

$$R_{k8\%} = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,1198}{1,28} = 0,094 \text{ м}^2 \cdot \text{град/ Вт}.$$

Отримані результати розрахунків внесено в таблицю 3.2.

За результатами дослідження еталонної цегли (вологість $\omega_m=0$) та вологої цегли з різними значеннями ω_m побудовано графік впливу вологості цегли за масою на теплоізоляційні властивості цегли (рис. 3.4)

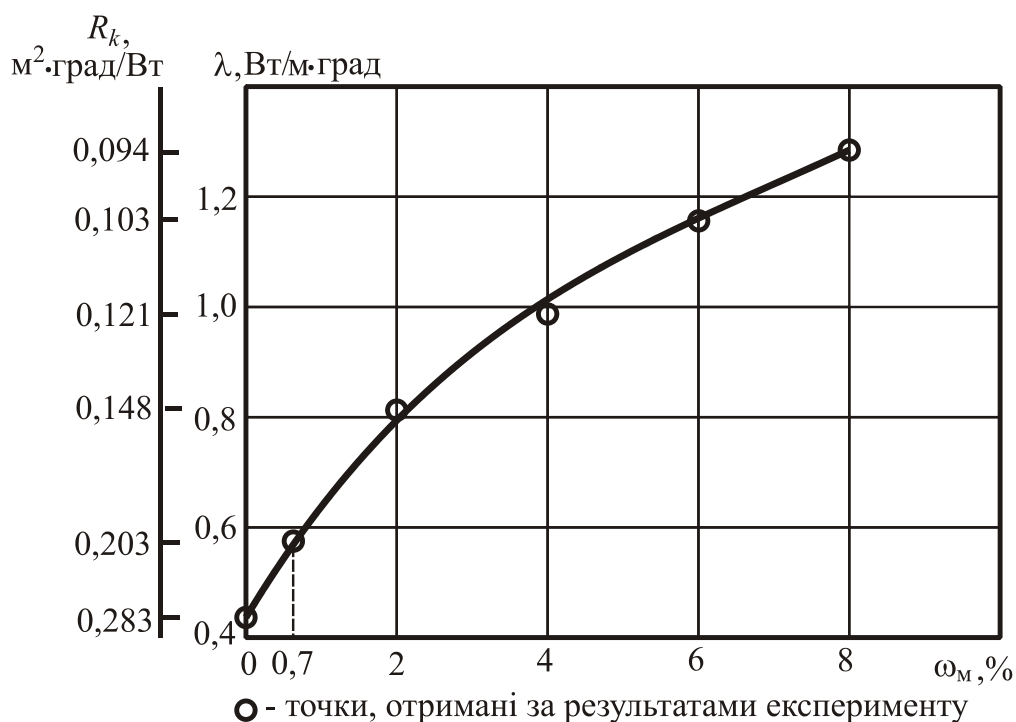


Рисунок 3.4 – Вплив вологості цегли за масою ω_m на коефіцієнт теплопровідності матеріалу і термічний опір зразка

Як видно з графіка зволоження цегли всього на декілька процентів суттєво знижує теплоізоляційні властивості цього будівельного матеріалу. Тому гідроізоляції поверхневого шару цегли треба відводити належну увагу. Це ж стосується і гідроізоляції між фундаментом і стіною частиною будівлі.

3.1.5 Дослідження теплопровідності керамічної цегли з отворами

Для дослідження теплотехнічних характеристик керамічної цегли з пустотами використано 5 цеглин виробництва Бережанського цегельного заводу (рис. 3.5).



Рисунок 3.5 – Керамічна цегла з пустотами, яку використано для дослідження коефіцієнта теплопровідності матеріалу

Теплотехнічні дослідження зразків цегли з пустотами виконано за описаними вище методиками. Розрахунки метрологічних характеристик зразків зроблено на підставі усереднених даних за 5 досліджуваними зразками, а їх результати подано в табл. 3.3. Значення вологості зразка за масою ($\omega_m = 0,7 \%$) отримано примусовим змочуванням водою масою $m_b - m_c = 0,021$ кг попередньо висушеного зразка до припинення втрати маси (див п. 3.1.4).

Таблиця 3.3

Метрологічні характеристики керамічної цегли з пустотами

$\omega_m, \%$	$m_c, \text{кг}$	$m_b, \text{кг}$	$m_b - m_c, \text{кг}$	$\delta, \text{м}$	$V, \text{м}^3$	$\rho, \text{кг/м}^3$
0,7	3,036	3,057	0,021	0,120	$1,93 \cdot 10^{-3}$	1580

Теплотехнічні характеристики, а саме коефіцієнт теплопровідності λ та термічний опір зразка R_k , для цегли з пустотами отримано за результатами розрахунків на підставі експериментальних даних (τ_{si}, τ_{se}, q) за формулами (2.1) і (1.15) відповідно. Практичне застосування цих залежностей показано вище в п. 3.1.4. Отримані значення теплотехнічних характеристик для цегли з пустотами подано в табл. 3.4.

Теплотехнічні характеристики керамічної цегли з пустотами

$\omega_M, \%$	$\tau_{si}, ^\circ\text{C}$	$\tau_{se}, ^\circ\text{C}$	$\Delta\tau, ^\circ\text{C}$	$q, \text{Вт/м}^2$	$\lambda, \text{Вт/м}\cdot^\circ\text{C}$	$R_k, \text{м}^2\cdot\text{град/Вт}$
0,7	23,9	19,7	14,2	50,1	0,524	0,229

За результатами оцінювання отриманих теплотехнічних характеристик виявлено, що пустоти в цеглі підвищують її теплоізоляційні властивості в порівнянні з суцільною цеглою (коефіцієнт теплопровідності λ зменшується, а термічний опір зразка R_k зростає).

3.1.6 Дослідження теплопровідності суцільної білої автоклавної цегли

Для дослідження теплотехнічних характеристик суцільної білої автоклавної цегли використано 5 цеглин виробництва Стрийського заводу автоклавних виробів (рис. 3.6).



Рисунок 3.6 – Суцільна біла автоклавна цегла, яку використано для дослідження коефіцієнта теплопровідності матеріалу

Теплотехнічні дослідження зразків з суцільної білої автоклавної цегли виконано за описаними вище методиками. Розрахунки метрологічних характеристик зразків зроблено на підставі усереднених даних за 5 досліджуваними зразками, а їх результати подано в табл. 3.5. Значення вологості зразка за масою ($\omega_M=0,8\%$) отримано примусовим змочуванням водою масою $m_B-m_C=0,029$ кг попередньо висушеного зразка до припинення втрати маси (див п. 3.1.4).

Таблиця 3.5

Метрологічні характеристики суцільної білої автоклавної цегли

$\omega_M, \%$	$m_C, \text{кг}$	$m_B, \text{кг}$	$m_B - m_C, \text{кг}$	$\delta, \text{м}$	$V, \text{м}^3$	$\rho, \text{кг/м}^3$
0,8	3,566	3,595	0,029	0,112	$1,93 \cdot 10^{-3}$	1863

Теплотехнічні характеристики, а саме коефіцієнт теплопровідності λ та термічний опір зразка R_k , для суцільної білої автоклавної цегли отримано за результатами розрахунків на підставі експериментальних даних (τ_{si}, τ_{se}, q) за формулами (2.1) і (1.15) відповідно. Практичне застосування цих залежностей показано вище в п. 3.1.4. Отримані значення теплотехнічних характеристик для цегли з пустотами подано в табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Теплотехнічні характеристики суцільної білої автоклавної цегли

$\omega_M, \%$	$\tau_{si}, ^\circ\text{C}$	$\tau_{se}, ^\circ\text{C}$	$\Delta\tau, ^\circ\text{C}$	$q, \text{Вт/м}^2$	$\lambda, \text{Вт/м}\cdot^\circ\text{C}$	$R_k, \text{м}^2\cdot\text{град/Вт}$
0,8	27,9	17,9	10,0	50,1	0,744	0,161

За результатами оцінювання отриманих теплотехнічних характеристик виявлено, що в суцільній білій автоклавній цеглі теплоізоляційні властивості гірші в порівнянні з суцільною цеглою (коефіцієнт теплопровідності λ збільшується, а термічний опір зразка R_k спадає).

3.1.7 Дослідження теплопровідності облицювальної пустотілої керамічної цегли

Для дослідження теплотехнічних характеристик облицювальної пустотілої керамічної цегли використано 5 цеглин невідомого виробника (рис. 3.7).

Теплотехнічні дослідження зразків з облицювальної пустотілої керамічної цегли виконано за описаними вище методиками. Розрахунки метрологічних характеристик зразків зроблено на підставі усереднених даних за 5 досліджуваними зразками, а їх результати подано в табл. 3.7. Значення вологості зразка за масою ($\omega_m = 0,7\%$) отримано примусовим змочуванням водою масою $m_b - m_c = 0,017$ кг попередньо висушеного зразка до припинення втрати маси (див п. 3.1.4).



Рисунок 3.7 – Облицювальна пустотіла керамічна цегла, яку використано для дослідження коефіцієнта теплопровідності матеріалу

Таблиця 3.7

Метрологічні характеристики облицювальної пустотілої керамічної цегли

$\omega_m, \%$	$m_c, \text{кг}$	$m_b, \text{кг}$	$m_b - m_c, \text{кг}$	$\delta, \text{м}$	$V, \text{м}^3$	$\rho, \text{кг/м}^3$
0,7	2,146	2,161	0,015	0,12	$1,93 \cdot 10^{-3}$	1120

Теплотехнічні характеристики, а саме коефіцієнт теплопровідності λ та термічний опір зразка R_k , для зразків з облицювальної пустотілої керамічної цегли отримано за результатами розрахунків на підставі експериментальних даних (τ_{si}, τ_{se}, q) за формулами (2.1) і (1.15) відповідно. Практичне застосування цих залежностей показано вище в п. 3.1.4. Отримані значення теплотехнічних характеристик для облицювальної пустотілої керамічної цегли з пустотами подано в табл. 3.8.

Таблиця 3.8

Теплотехнічні характеристики облицювальної пустотілої керамічної цегли

$\omega_M, \%$	$\tau_{si}, ^\circ\text{C}$	$\tau_{se}, ^\circ\text{C}$	$\Delta\tau, ^\circ\text{C}$	$q, \text{Вт/м}^2$	$\lambda, \text{Вт/м}\cdot^\circ\text{C}$	$R_k, \text{м}^2\cdot\text{град/Вт}$
0,7	37,5	18,0	19,5	50,1	0,382	0,314

За результатами оцінювання отриманих теплотехнічних характеристик виявлено, що пустоти в цеглі підвищують її теплоізоляційні властивості в порівнянні з суцільною цеглою (коефіцієнт теплопровідності λ зменшується, а термічний опір зразка R_k зростає).

3.2 Дослідження теплопровідності бетонних виробів

3.2.1 Дослідження теплопровідності суцільного бетону

Для дослідження теплотехнічних характеристик суцільного бетону використано 5 зразків власного виробництва після повного твердіння впродовж 28 днів. (рис. 3.8).



Рисунок 3.8 – Зразок з суцільного бетону, який використано для дослідження коефіцієнта теплопровідності матеріалу

Теплотехнічні дослідження зразків з суцільного бетону виконано за описаними вище методиками. Розрахунки метрологічних характеристик зразків зроблено на підставі усереднених даних за 5 досліджуваними зразками з суцільного бетону, а їх результати подано в табл. 3.9. Значення вологості зразка за масою ($\omega_m = 0,8 \%$) отримано примусовим змочуванням водою масою $m_b - m_c = 0,032$ кг попередньо висушеного зразка до припинення втрати маси (див п. 3.1.4).

Таблиця 3.9

Метрологічні характеристики зразка з суцільного бетону

$\omega_m, \%$	$m_c, \text{кг}$	$m_b, \text{кг}$	$m_b - m_c, \text{кг}$	$\delta, \text{м}$	$V, \text{м}^3$	$\rho, \text{кг/м}^3$
0,8	4,019	4,051	0,032	0,12	$1,93 \cdot 10^{-3}$	2099

Теплотехнічні характеристики, а саме коефіцієнт теплопровідності λ та термічний опір зразка R_k , для зразків з суцільного бетону отримано за результатами розрахунків на підставі експериментальних даних (τ_{si}, τ_{se}, q) за формулами (2.1) і (1.15) відповідно. Практичне застосування цих залежностей

показано вище в п. 3.1.4. Отримані значення теплотехнічних характеристик для суцільного бетону подано в табл. 3.10.

Таблиця 3.10

Теплотехнічні характеристики суцільного бетону

$\omega_M, \%$	$\tau_{si}, ^\circ\text{C}$	$\tau_{se}, ^\circ\text{C}$	$\Delta\tau, ^\circ\text{C}$	$q, \text{Вт/м}^2$	$\lambda, \text{Вт/м}\cdot^\circ\text{C}$	$R_k, \text{м}^2\cdot\text{град/Вт}$
0,8	24,5	20,0	4,5	50,1	1,643	0,073

За результатами дослідження очевидним є висновок, що теплоізоляційні властивості суцільного бетону є досить низькими, тому це необхідно враховувати при виборі його в якості основного матеріалу огорожувальних будівельних конструкцій.

3.2.2 Дослідження теплопровідності пінобетону

Для дослідження теплотехнічних характеристик пінобетону використано 5 зразків вироблених ПП «Софіт» (м. Тернопіль). (рис. 3.9).



Рисунок 3.9 – Зразок з пінобетону, який використано для дослідження коефіцієнта теплопровідності матеріалу

Теплотехнічні дослідження зразків з пінобетону виконано за описаними вище методиками. Розрахунки метрологічних характеристик зразків зроблено на підставі усереднених даних за 5 досліджуваними зразками, а їх результати подано в табл. 3.11. Значення вологості зразка за масою ($\omega_m = 0,8 \%$) отримано примусовим змочуванням водою масою $m_b - m_c = 0,006$ кг попередньо висушеного зразка до припинення втрати маси (див п. 3.1.4).

Таблиця 3.11

Метрологічні характеристики зразків з пінобетону

$\omega_m, \%$	$m_c, \text{кг}$	$m_b, \text{кг}$	$m_b - m_c, \text{кг}$	$\delta, \text{м}$	$V, \text{м}^3$	$\rho, \text{кг/м}^3$
0,7	0,806	0,812	0,006	0,1198	$1,93 \cdot 10^{-3}$	420

Теплотехнічні характеристики, а саме коефіцієнт теплопровідності λ та термічний опір зразка R_k , для пінобетону отримано за результатами розрахунків на підставі експериментальних даних (τ_{si}, τ_{se}, q) за формулами (2.1) і (1.15) відповідно. Практичне застосування цих залежностей показано вище в п. 3.1.4. Отримані значення теплотехнічних характеристик для цегли з пустотами подано в табл. 3.12.

Таблиця 3.12

Теплотехнічні характеристики пінобетону

$\omega_m, \%$	$\tau_{si}, ^\circ\text{C}$	$\tau_{se}, ^\circ\text{C}$	$\Delta\tau, ^\circ\text{C}$	$q, \text{Вт/м}^2$	$\lambda, \text{Вт/м}\cdot^\circ\text{C}$	$R_k, \text{м}^2\cdot\text{град/Вт}$
0,7	40,1	18,4	21,7	50,1	0,342	0,351

За результатами дослідження зразків з пінобетону можна зробити висновки, що його теплоізоляційні властивості найкращі в порівнянні з вище дослідженими стіновими матеріалами. Однак при застосуванні його для тримких стінових конструкцій слід враховувати його низьку міцність.

3.3 Дослідження теплопровідності дерев'яних матеріалів

3.3.1 Дослідження теплопровідності дерев'яного бруса

Для дослідження теплотехнічних характеристик дерев'яного бруса використано 5 зразків з сосни. Передбачена така конструкція зразка, що тепловий потік проходитиме перпендикулярно до напрямку волокон (рис. 3.10) [47...50].



Рис. 3.10 – Зразок дерев'яного бруса, який використано для дослідження коефіцієнта теплопровідності матеріалу

Теплотехнічні дослідження зразків з дерев'яного бруса виконано за описаними вище методиками. Розрахунки метрологічних характеристик зразків зроблено на підставі усереднених даних за 5 досліджуваними зразками, а їх результати подано в табл. 3.13. Вологість зразків визначалася перед початком експерименту вологоміром для деревини. Маса сухого зразка отримано розрахунковим шляхом (за масою вологого зразка і ступенем вологості).

Таблиця 3.13

Метрологічні характеристики дерев'яного бруса

$\omega_m, \%$	$m_c, \text{кг}$	$m_b, \text{кг}$	$m_b - m_c, \text{кг}$	$\delta, \text{м}$	$V, \text{м}^3$	$\rho, \text{кг/м}^3$
15	0,748	0,860	0,070	0,12	$1,93 \cdot 10^{-3}$	446

Теплотехнічні характеристики, а саме коефіцієнт теплопровідності λ та термічний опір зразка R_k , для дерев'яного бруса отримано за результатами розрахунків на підставі експериментальних даних (τ_{si} , τ_{se} , q) за формулами (2.1) і (1.15) відповідно. Практичне застосування цих залежностей показано вище в п. 3.1.4. Отримані значення теплотехнічних характеристик для дерев'яного бруса подано в табл. 3.14.

Таблиця 3.14

Теплотехнічні характеристики дерев'яного бруса

ω_M , %	τ_{si} , °C	τ_{se} , °C	$\Delta \tau$, °C	q , Вт/м ²	λ , Вт/м·°C	R_k , м ² ·град/Вт
15	66,3	17,4	48,9	50,1	0,152	0,148

За результатами дослідження зразків з дерев'яного бруса можна зробити висновки, що його теплоізоляційні властивості найкращі в порівнянні з вище дослідженими стіновими матеріалами. Однак при застосуванні його для тримких стінових конструкцій слід враховувати його високу вартість, низьку вогнестійкість, здатність до біокорозії, здатність до загнивання у вологому середовищі [51...55].

3.3.2 Розроблення стінового будівельного матеріалу на основі відходів деревообробного виробництва

При розробленні нового стінового будівельного матеріалу враховано досвід, накопичений в процесі виконання попередніх досліджень. В першу чергу матеріал повинен мати високі теплоізоляційні властивості. З досліджених матеріалів найкращі результати за теплоізоляційними показниками виявлено в дерев'яного бруса. Одна, поряд з цим, відзначено його недоліки (див. п. 3.3.1).

За результатами аналізу [56...67] прийнято рішення використати за основу для нового матеріалу дерев'яну тирсу. Аргументами для цього став низький

коефіцієнт теплопровідності для сухої тирси ($\lambda=0,065\ldots 0,093$ Вт/м·°С в залежності від густини і вологості). Крім того тирса є відходом деревообробного виробництва і, зберігаючи властивості деревини, має суттєво нижчу вартість в порівнянні з товарним брусом.

На основі тирси із застосуванням фенол формальдегідних смол в якості в'язучої речовини вже виготовляють плити, які застосовуються для виготовлення корпусних меблів [57]. В будівництві такі плити застосовуються також, але мають суттєвим недоліком низьку вологостійкість, горять.

З дерев'яних матеріалів отримано і ряд інших будівельних матеріалів, які мають високі теплоізоляційні властивості (табл. 3.15)

Таблиця 3.15

**Коефіцієнт теплопровідності для деревоматеріалів,
які використовуються у будівництві [57]**

Матеріал на основі деревини	λ , Вт/м·°С
Фанера	0,15
Дерево-стружкова плита (ДСП)	0,20
Тирсова засипка ущільнена	0,095
Тирса дерев'яна суха	0,065
Стружка дерев'яна ущільнена	0,12
Орієнтована стружкова плита (ОСП)	0,12
Дошка дерев'яна (сосна)	0,15
Брус дерев'яний	0,15

Пропоную для застосування в якості стінового матеріалу брикети на основі дерев'яної тирси, а в'язучого матеріалу – рідке скло. Таке поєднання дає можливість отримати дешевий негорючий вологостійкий матеріал з високими теплоізоляційними властивостями.

Для отримання дослідних зразків з такого матеріалу виготовлена металева форма (опалубка) за розмірами стандартної стінової цегли. Приготовлена

ретельно перемішана суміш з висушеної тирси і рідкого скла. Кількість в'язучої речовини вибрана дослідним шляхом для отримання помірного зволоження тирси. Для отримання одного зразка використано 155 мл рідкого скла, що становить 8% від загального об'єму зразка. При формуванні отриманої суміші у формі застосовано ручне пресування з зусиллям 80...90 Н на всю площину поверхні формування. Виходячи зі складу матеріалу вважаю доцільним назвати його тирсосилікат (рис. 3.11).



Рис. 3.11 – Зразок розробленого будівельного матеріалу тирсосилікату

Висихання тирсосилікатного зразка перед теплотехнічними дослідженнями тривало впродовж 28 днів за кімнатних температур і вологості.

Результати теплотехнічних досліджень тирсосилікатного матеріалу подано в наступному підпункті.

3.3.3 Дослідження теплопровідності розробленого стінового будівельного матеріалу

Теплотехнічні дослідження зразків з тирсосилікату виконано за описаними вище методиками. Розрахунки метрологічних характеристик зразків зроблено на підставі усереднених даних для одного досліджуваного зразка, а їх результати подано в табл. 3.16.

Метрологічні характеристики зразка розробленого матеріалу

ω_M , %	m_c , КГ	m_b , КГ	$m_b - m_c$, КГ	δ , м	V , м ³	ρ , кг/м ³
-	-	1,141	-	0,120	$1,93 \cdot 10^{-3}$	591

Інформація щодо вологості в таблиці 3.16 не подана, оскільки цілеспрямоване зволоження чи висушування не виконувалося. Для досліджень використовувався зразок в стані висихання в'яжучої речовини.

Теплотехнічні характеристики, а саме коефіцієнт теплопровідності λ та термічний опір R_k тирсосилікатного зразка отримано за результатами розрахунків на підставі експериментальних даних $(\tau_{si}, \tau_{se}, q)$ за формулами (2.1) і (1.15) відповідно. Практичне застосування цих залежностей показано вище в п. 3.1.4. Отримані значення теплотехнічних характеристик для тирсосилікату подано в табл. 3.17.

Таблиця 3.17

Теплотехнічні характеристики розробленого матеріалу

ω_M , %	τ_{si} , °C	τ_{se} , °C	$\Delta \tau$, °C	q , Вт/м ²	λ , Вт/м·°C	R_k , м ² ·град/Вт
-	77,6	19,2	58,4	50,1	0,127	0,943

Отже, за результатами експериментальних досліджень теплотехнічних характеристик розробленого матеріалу виявлені досить хороші теплоізолюючі властивості, а саме на 18,1% вищі, ніж в суцільного дерев'яного бруса і на 57,4% вищі, ніж в ДСП. Отриманий матеріал має ряд переваг за вартістю, вологостійкістю, пожежобезпечністю, міцністю. Дослідження цих показників не передбачене завданням для даної роботи.

3.4 Рекомендації для зменшення тепловтрат існуючих будівель

В існуючих будівлях в якості стінового матеріалу застосовувались, як правило, керамічна цегла, біла автоклавна цегла або збірний залізобетон. За інформацією з літературних джерел та результатами виконаних в роботі досліджень виявлено, що теплопровідність цих матеріалів досить висока в порівнянні з сучасними стіновими матеріалами. Враховуючи те, що в існуючих будівлях стіновий матеріал повністю забезпечує тримку здатність конструкції, стоїть завдання виконати його теплоізоляцію додатковим шаром з матеріалу, який має низьку теплопровідність [42, 43].

В розділі 1 на рис. 1.1 подана схема передачі тепла і розподіл температур в одношаровій та багатошаровій конструкції стіни. Саме рис. 1.1,б й ілюструє доцільність нанесення на існуючу одношарову стіну додаткового теплоізоляційного шару, який дасть можливість збільшити температурний градієнт між зовнішньою і внутрішньою поверхнею стіни, забезпечивши комфортні умови в приміщенні при менших енергетичних витратах для цього.

Вважаю, що для існуючих будівель доцільним для цього застувати розроблений теплоізоляційний матеріал тирсосилікат, розмістивши його по площині з внутрішнього боку огорожувальної конструкції (стіни). Для забезпечення теплоізоляційного ефекту і мінімальної втрати внутрішніх розмірів приміщення пропоную застосувати товщину теплоізоляційного шару 30 мм.

Для одношарових огорожувальних конструкцій термічний опір огородження R_k визначають за залежністю (1.15):

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda},$$

де δ – товщиною стіни; λ – коефіцієнтом теплопровідності матеріалу.

Для багатошарових огорожувальних конструкцій з паралельним розміщенням шарів термічний опір огородження R_k визначають за залежністю (1.16)

$$R_k = \sum_{i=1}^n R_i = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i},$$

де $R_i = \delta_i / \lambda_i$ – термічний опір i -го шару конструкції товщиною δ_i і коефіцієнтом теплопровідності матеріалу λ_i .

Для одношарової стіни товщиною 380 мм з суцільної керамічної цегли термічний опір огороження

$$R_{k1} = 0,380 / 0,589 = 0,645 \text{ м}^2 \cdot \text{град} / \text{Вт},$$

де $\lambda = 0,589 \text{ Вт} / \text{м} \cdot \text{град}$ – теплопровідність цегли, визначена в п.3.1.3.

Для двошарової стіни з керамічної цегли товщиною 380 мм і тирсосилікату 30 мм термічний опір огороження

$$R_{k2} = 0,380 / 0,589 + 0,030 / 0,127 = 0,881 \text{ м}^2 \cdot \text{град} / \text{Вт},$$

де $\lambda_2 = 0,127 \text{ Вт} / \text{м} \cdot \text{град}$ – теплопровідність тирсосилікату, визначена в п.3.3.3.

Співвідношення теплових витрат для забезпечення однакових температурних умов у приміщенні до теплоізолювання і після встановлення шару тирсосилікату

$$Q_1 / Q_2 = R_{k2} / R_{k1} = 0,881 / 0,645 = 1,37,$$

тобто теплові витрати повинні зменшитися на 37%.

Однак через зовнішні стіни з приміщення втрачається не вся тепла енергія, а в середньому лише 62% [40]. Тому технічна ефективність запропонованих теплоізолюючих заходів, яка полягає у зменшенні теплових витрат на обігрівання житлового приміщення, становитиме

$$E = 0,62 \cdot 37\% = 22,9\%$$

Для прийняття рішення про доцільність запровадження таких заходів у наступному розділі роботи розрахована їх економічна доцільність.

3.5 Висновки за третім розділом

Для будівництва стінових огорожувальних конструкцій застосовують багато різноманітних матеріалів, які поєднують в собі комплекс механічних, теплотехнічних, гідроізоляційних, повітро- і паро проникність, густину, пористість тощо. Для раціонального вибору стінових матеріалів потрібно оптимізувати ці властивості, визначивши пріоритетні вимоги до них.

За результатами виконаних в роботі досліджень виявлено вплив різних чинників на коефіцієнт теплопровідності матеріалів та тепловий опір досліджуваних зразків.

Отримані в роботі власні дослідження виконані згідно нормативних вимог і задовільно корелюють з результатами теплотехнічних досліджень інших авторів. Це є підставою для ствердження про достовірність отриманих результатів.

Розроблений в роботі новий стіновий матеріал тирсосилікат. Виконані теплотехнічні дослідження цього матеріалу свідчать про його високі тепло ізолюючі властивості. Однак для визначення доцільності його застосування в якості стінового необхідно дослідити весь комплекс потрібних для цієї групи матеріалів властивостей.

Розроблені рекомендації для зниження теплових втрат за рахунок застосування тепло ізолюючого шару з тирсо силікату по поверхні зовнішніх стін. Однак для визначення доцільності їх застосування необхідно виконати техніко-економічне порівняння варіантів обігрівання приміщення до і після встановлення таких екранів, а також термін окупності такої пропозиції. Такі розрахунки виконані в наступному розділі дипломної роботи.

РОЗДІЛ 4

ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

4.1 Розрахунок норм часу на виконання науково-дослідної роботи

Встановлення економічної доцільності виконання науково-дослідної роботи є основною метою цього розділу дипломної роботи. Одним з важливих показників для оцінки економічної ефективності розробки є норми часу.

Структурно виконання науково-дослідної роботи поділяють на етапи:

- Постановка проблеми.
- Аналіз результатів, виконаних іншими дослідниками.
- Вивчення чинної нормативної бази за досліджуваною темою.
- Розробка методичних аспектів досліджень.
- Розробка конструкції і виготовлення експериментальної установки.
- Вибір досліджуваних матеріалів та типу зразків для досліджень.
- Виготовлення дослідних зразків і їх метрологічне опрацювання.
- Дослідження теплотехнічних характеристик еталонних зразків.
- Визначення тарувальних характеристик експериментальної установки.
- Експериментальне визначення теплотехнічних характеристик досліджуваних матеріалів.
- Опрацювання експериментальних результатів, формулювання висновків і рекомендацій за результатами роботи.
- Оформлення документації.

Для оцінки тривалості окремих робіт за етапами використовуються чинні нормативи часу, а за їх відсутності – попередній досвід або інформація про фактично затрачений час.

Для визначення загальної тривалості проведення НДР по дослідженню теплопровідності будівельних матеріалів доцільно дані витрат часу на виконання окремих стадій (етапів) звести в табл. 4.1.

Основні етапи і час їх виконання в НДР

Зміст роботи (за етапами)	Середній час виконання стадії (етапу), год.		
	Робітник, лаборант	Інженер-дослідник	Керівник
Постановка проблеми		12	1
Аналіз результатів, виконаних іншими дослідниками	0	40	3
Вивчення чинної нормативної бази за досліджуваною темою	0	8	1
Розробка методичних аспектів досліджень	0	24	2
Розробка конструкції і виготовлення експериментальної установки	36	24	4
Вибір досліджуваних матеріалів та типу зразків для досліджень	0	24	2
Виготовлення дослідних зразків і їх метрологічне опрацювання	36	16	3
Дослідження теплотехнічних характеристик еталонних зразків	0	8	1
Визначення тарувальних характеристик експериментальної установки	0	4	1
Експериментальне визначення теплотехнічних характеристик досліджуваних матеріалів	0	80	5
Опрацювання експериментальних результатів, формулювання висновків і рекомендацій за результатами роботи	0	80	5
Оформлення документації	0	16	2
Разом	72	336	30

Витрати часу керівника на виконання окремих стадій при недостатній кількості інформації доцільно приймати в межах 5% сумарних витрат часу інженера на виконання цих стадій.

4.2 Розрахунок витрат на проведення НДР

Розрахунок поточних витрат на виконання НДР (дослідження теплопровідності будівельних матеріалів) проведено в розрізі таких кошторисних статей:

- основна заробітна плата (з/п);
- додаткова з/п;
- нарахування на з/п;
- комплектуючи вироби та матеріали для виконання НДР;
- експериментально-виробничі витрати;
- загальновиробничі витрати;
- адміністративні витрати;
- поза виробничі витрати.

Основна з/п складається з прямої з/п і доплати, яка при укрупнених розрахунках становить 25...35% від прямої з/п. При розрахунку з/п кількість робочих днів у місяці слід приймати 25,4 дні/міс., що відповідає 203,2 год./міс. Прийmemo розмір місячних окладів керівника 3300 грн., інженера - 2800 грн., робітника і лаборанта – 2300 грн.

Пряма з/п визначається за залежністю

$$ЗП = (O_i \times T_i) / 203,2, \quad (4.1)$$

де O_i – розмір місячного окладу для певної категорії працівників;

T_i – трудомісткість робіт, виконаних працівником певної категорії.

Для перелічених в табл. 4.1 категорій працівників пряма з/п буде:

- для робітника і лаборанта

$$ЗП_I = (2300 \times 72) / 203,2 = 814,96 \text{ грн.};$$

- для інженера

$$ЗП_1 = (2800 \times 336) / 203,2 = 4629,92 \text{ грн.};$$

– для керівника

$$ЗП_1 = (3300 \times 30) / 203,2 = 487,20 \text{ грн.}$$

Величину доплат визначають за залежністю

$$ЗП_2 = ЗП_1 \times K_1, \quad (4.2)$$

де K_1 - коефіцієнт доплат (025...035). Вибираємо $K_1 = 0,27$.

Для перелічених в табл. 4.1 категорій працівників величина доплати буде:

– для робітника і лаборанта

$$ЗП_2 = 814,96 \times 0,27 = 220,04 \text{ грн.};$$

– для інженера

$$ЗП_2 = 4629,92 \times 0,27 = 1250,08 \text{ грн.};$$

– для керівника

$$ЗП_2 = 487,20 \times 0,27 = 131,54 \text{ грн.}$$

Величина основної зарплати визначається як сума прямої з/п і величини доплат:

$$ЗП_0 = ЗП_1 + ЗП_2 \quad (4.3)$$

– для робітника і лаборанта

$$ЗП_0 = 814,96 + 220,04 = 1035 \text{ грн.};$$

– для інженера

$$ЗП_0 = 4629,92 + 1250,08 = 5880 \text{ грн.};$$

– для керівника

$$ЗП_0 = 487,20 + 131,54 = 618,74 \text{ грн.}$$

Величина додаткової з/п визначається за залежністю

$$ЗП_{\partial} = ЗП_0 \times K_{\partial}, \quad (4.4)$$

де $K_{\partial} = (0,05 \dots 0,1)$ – коефіцієнт додаткової з/п.

Розрахункові значення додаткової з/п при $K_{\partial} = 0,1$:

– для робітника і лаборанта

$$ЗП_{\partial} = 1035 \times 0,1 = 103,5 \text{ грн.};$$

– для інженера

$$ЗП_{\partial} = 5880 \times 0,1 = 588 \text{ грн.};$$

– для керівника

$$ЗП_{\partial} = 618,74 \times 0,1 = 61,87 \text{ грн.}$$

Витрати на виконання НДР, крім фонду зарплати, включають ще й соціальні нарахування CH :

- фонд страхування від безробіття – 2,1% від $(ЗП_0 + ЗП_{\partial})$;
- пенсійний фонд 32% від $(ЗП_0 + ЗП_{\partial})$;
- фонд соціального страхування 2,9% $(ЗП_0 + ЗП_{\partial})$;
- фонд соціального страхування від нещасних випадків і професійних захворювань 1% від $(ЗП_0 + ЗП_{\partial})$.

Всього нарахувань на з/п становить 38% від $(ЗП_0 + ЗП_{\partial})$:

– для робітника і лаборанта

$$CH = (1035 + 103,5) \times 0,38 = 432,63 \text{ грн.};$$

– для інженера

$$CH = (5880 + 588) \times 0,38 = 2457,84 \text{ грн.};$$

– для керівника

$$CH = (618,74 + 61,87) \times 0,38 = 258,63 \text{ грн.}$$

Зведену відомість витрат на заробітну плату подано в табл. 4.2.

Зведена відомість витрат на заробітну плату

№ зп	Категорія працівників	Основна зарплата			Додаткова зарплата	Нарахування на зарплату	Всього витрат на зарплату
		Пряма з/п	Доплати	Всього			
1	Робітник, лаборант	814,96	220,04	1035	103,5	432,63	1571,13
2	Інженер	4629,92	1250,08	5880	588	2457,84	8925,84
3	Керівник	487,20	131,54	618,74	61,87	258,63	939,24
	Всього	5932,08	1601,66	7533,74	753,37	3149,1	11436,21

Витрати на матеріали розраховано за їх фактичним використанням і існуючих цін. Затрати на матеріали подано в табл. 4.3.

Транспортно-заготівельні витрати прийняті на рівні 6% від вартості матеріалів.

В затрати на матеріали включено виготовлення дослідної установки та виготовлення зразків для досліджень.

Таблиця 4.3

Затрати на матеріали

Назва матеріалів	Од. виміру	Витрати	Ціна, грн. за одиницю	Вартість, грн	Транспортно-заготівельні витрати, грн.	Загальна сума витрат, грн
1	2	3	4	5	6	7
Сталь листова, 1,5 мм	кг	12	8,7	104,4	7	111, 4
Труба профільна 50х30 мм	кг	1,3	9,2	12	1	13

Електроди зварювальні	кг	1,4	18	25,2	1,5	26,7
Нагрівник	шт.	1	82	82	5	87
Термометр електронний	шт.	2	57	114	6,8	120,8
Мінеральна вата	м ³	0,02	750	15	1	16
Фарба порошкова	кг	0,5	68	34	2	36
Цегла різна	шт	40	3	120	7,2	127,2
Тирса	м ³	0,02	-	-	-	
Рідке скло	м ³	0,02	10200	204	12,2	216,2
Папір А4	пачка	1	42	42	2,5	44,2
Всього						798,5

Експериментально-виробничі витрати визначаються як витрати на машинний час, який потрібний для виконання необхідного об'єму робіт, виходячи з вартості за одиницю часу. За укрупненими розрахунками і за досвідом виконання експериментів приймаємо тариф 10 грн. за годину роботи інженера-дослідника.

Загальновиробничі витрати при укрупнених розрахунках приймаємо на рівні 70...90% від суми основної і додаткової заробітної плати працівників.

Адміністративні витрати приймають на рівні 50...60% від суми основної і додаткової заробітної плати працівників.

Позавиробничі витрати становлять 3...7% від виробничої собівартості.

Розрахунок витрат на проведення НДР по дослідженню теплопровідності будівельних матеріалів зведено в табл. 4.4.

**Кошторис собівартості проведення НДР
для дослідження теплопровідності будівельних матеріалів**

Статті витрат	Витрати, грн.	В % до загальної суми
Основна заробітна плата	7533,74	27,0
Додаткова заробітна плата	753,37	2,7
Нарахування на зарплату	3149,1	11,3
Матеріали	798,5	2,9
Експериментально-виробничі витрати	3360	12,0
Загальновиробничі витрати	6630	23,8
Разом виробнича собівартість	22224,71	79,7
Адміністративні витрати	4558	16,3
Позавиробничі витрати	1111,2	4
Повна собівартість	27893,91	100

4.3 Економічна ефективність від використання результатів роботи

Економічна ефективність від використання результатів НДР полягає в тому, що дає можливість виявити теплотехнічні характеристики будівельних матеріалів в залежності від їх складу, структури, рівня зволоження, компонування тощо. Таким чином створюються можливості вибрати для будівельних огорожувальних конструкцій саме такий матеріал, який буде оптимально поєднувати як характеристики міцності, так і мати високі теплоізоляційні показники.

Заслужує уваги запропонований в роботі новий теплоізоляційний матеріал на базі тирси і рідкого скла, який можна застосовувати для підвищення теплотехнічних характеристик будівель.

Виконано детальні розрахунки економічної ефективності від влаштування теплоізолюючого шару з тирсосилікату товщиною 30 мм по поверхні зовнішніх

стін з суцільної керамічної цегли. За результатами розрахунків, виконаних в розділі 3 роботи, технічна ефективність запропонованих заходів полягає у зменшенні енергетичних витрат на обігрівання приміщення на 22,9%.

Для формування пласту товщиною 30 мм для 1 м² поверхні стіни потрібний об'єм тирсосилікату

$$V = 1,00 \cdot 0,03 = 0,03 \text{ м}^3.$$

За результатами експериментальних досліджень, виконаних в п. 3.3.3 роботи виявлено, що для отримання такого об'єму потрібно 0,042 м³ розпушеної тирси і 0,0024 м³ рідкого скла (8% від об'єму тирсосилікату, див. п. 3.3.3).

Вартість матеріальних витрат для 1 м² покриття становитиме:

- для тирси $C_1 = 0,042 \text{ м}^3 \cdot 50 \text{ грн/м}^3 = 2,1 \text{ грн};$
- для рідкого скла $C_2 = 0,0024 \text{ м}^3 \cdot 3520 \text{ грн/м}^3 = 8,45 \text{ грн}.$

Вартість виготовлення і нанесення теплоізолюючого шару на 1 м² стіни становитиме 12 грн/м² [45].

Для житлового приміщення площею 100 м² в багатоквартирному будинку довжина зовнішніх стін становить в середньому 24 м [45]. При висоті приміщення 2,5 м і площі вікон 12 % від площі стіни площа теплоізоляційного покриття становитиме

$$F = 24 \cdot 2,5 \cdot (1 - 0,12) = 52,8 \text{ м}^2.$$

Загальні витрати на облаштування теплоізоляційного покриття з тирсосилікату для квартири площею 100 м² складатимуть

$$C = 52,8 \cdot (2,1 + 8,45 + 12) = 1190,64 \text{ грн}.$$

Для житлового приміщення площею 100 м² місячні витрати на опалення в холодну пору року складають в середньому 450 грн. [8]. Зменшення енергетичних витрат на обігрівання приміщення на 22,9% зумовлює таке ж зменшення матеріальних витрат за місяць, а саме

$$E = 450 \cdot 0,229 = 103,05 \text{ грн./міс.}$$

Термін окупності запропонованих теплоізоляційних заходів

$$T = C/E = 1190,64/103,05 = 11,55 \text{ місяців}$$

Враховуючи те, що в календарному році опалення використовується в середньому впродовж 5 місяців, реальний фактичний термін окупності запропонованих заходів становитиме понад 2 календарних роки.

4.4 Висновки за четвертим розділом

Розрахунки економічної ефективності виконання НДР свідчать про актуальність і доцільність досліджень теплопровідності будівельних матеріалів, розроблення нових матеріалів з високими тепло ізолюючими властивостями, методів зниження енерговитрат для потреб сучасного житла. Постійне підвищення вартості енергоносіїв з кожним роком підвищує зацікавленість до цього напрямку досліджень як у будівельників, так і у населення.

Для зменшення енерговитрат в сучасному житлі потрібно брати акцент на матеріали з дешевої місцевої сировини, відходів інших галузей виробництва (деревообробки, шлаків, продуктів утилізації скла, пластмаси, тощо). Низька вартість сировини і наявність її в певній місцевості знизить собівартість виготовлення теплоізоляційних будматеріалів і можливість їх широкого застосування.

Сучасна індустрія будівельних матеріалів потребує нових інноваційних підходів, адаптованих до місцевих кліматичних умов і сировинних матеріалів. Тому отримані в роботі результати є актуальними і економічно-доцільними.

РОЗДІЛ 5

СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Зменшення теплових витрат в існуючих будівлях за рахунок встановлення зарядіаторних тепловідбиваючих екранів

В існуючих будівлях нагрівальні прилади (радіатори центрального чи індивідуального опалення) розміщені вздовж зовнішньої стіни під вікном в нішах (потоншення стіни). Тобто частина теплового потоку від радіатора зігріває приміщення, а інша частина зігріває потоншену частину стіни, яка інтенсивно охолоджується з вулиці. Для усунення цієї проблеми доцільно за батареєю встановити екран з матеріалу, який має високі теплоізоляційні властивості (наприклад, коркова пластина), а його зовнішня поверхня має високі відбиваючі властивості (наприклад, алюмінієва фольга).

Одним з таких матеріалів є сучасний теплоізолюючий і тепловідбиваючий матеріал порілекс. Порілекс – еластичний закритоячейковий пінополіетилен, отриманий спізненням поліетилену, з одного або з двох боків покритого алюмінієвою фольгою (рис. 5.1).

Порілекс має високі теплоізоляційні характеристики (коефіцієнт теплопровідності 0,048 Вт/ м·град), високу стійкість до агресивних середовищ, еластичний у широкому діапазоні температур (діапазон робочих температур від -40 до +100°C). Коефіцієнт теплового відбивання від його поверхні становить 97%. Водопоглинання за 24 год. відсутнє (0%). Густина 25...30 кг/м³.

Порілекс екологічно чистий продукт, не токсичний. Виготовляється за озонозберігаючими технологіями без застосування фреону.

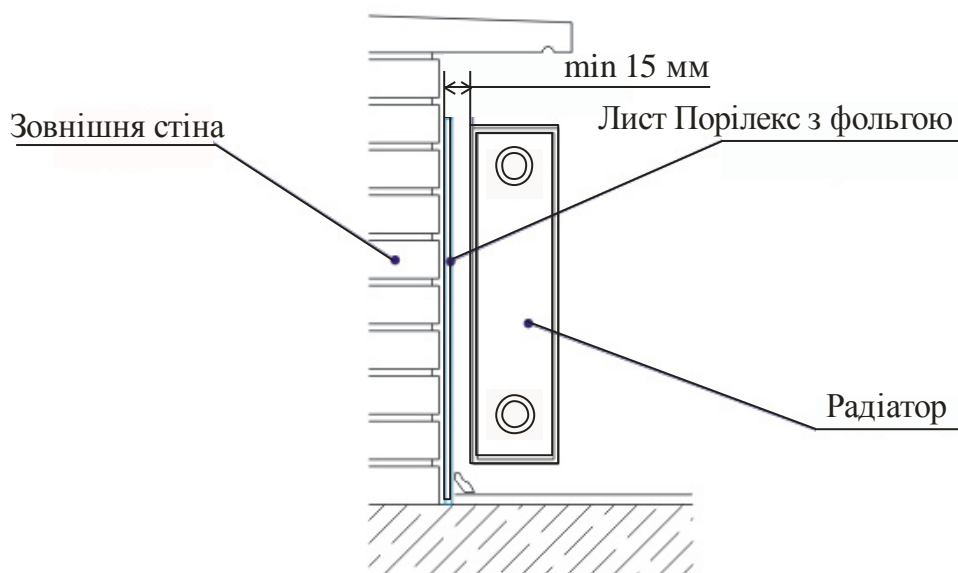


Рисунок 5.1 – Екран з сучасного теплоізоляційного і тепловідбиваючого матеріалу між зовнішньою стіною і радіатором опалення

Розмір обклеєної таким матеріалом поверхні стіни повинен бути більшим за проекцію приладу на стіну з кожного боку як мінімум на товщину нагрівального приладу. Встановлення тепловідбиваючих екранів за батареями опалення практично ізолює стіну від нагрівання таким чином знижуючи втрати тепла.

Як свідчать результати розрахунків, виконані іншими дослідниками [40], встановивши тепловідбиваючий екран за радіатором опалення термічний опір стіни на цій ділянці підвищується на 7,23...9,57%. Теплотехнічні розрахунки для приміщення зі встановленими за радіаторними екранами показують зменшення теплових витрат на 4,58%. Коефіцієнт теплового відбивання поверхні підвищується до 97%.

5.2 Економічна ефективність від використання радіаторних тепловідбиваючих екранів

Виконано детальні розрахунки економічної ефективності від застосування тепло відбиваючих екранів з тепло ізолюючого матеріалу порілексу за радіаторами опалення (див. п. 5.1).

Для житлового приміщення площею 100 м² місячні витрати на опалення в холодну пору року складають 450 грн. [8]. В приміщенні встановлено 7 радіаторів загальною площею (проекція на стіну) 5,2 м². Для встановлення за радіаторних тепло відбиваючих екранів необхідно 7,4 м² порілексу. Вартість матеріалу 14 грн/м². Вартість монтажних робіт 8 грн/м².

Загальні витрати на встановлення тепловідбиваючих екранів

$$C=7,4(14 + 8) = 162,8\text{грн.}$$

Внаслідок встановлення тепловідбиваючих екранів вдасться зменшити витрати на обігрівання приміщення на 4,58%.

В грошовому виразі за місяць це становитиме

$$E=450 \cdot 0,0458 = 20,61 \text{ грн/міс.}$$

Термін окупності становитиме

$$T=C/E=162,8 : 20,61 = 7,9 \text{ місяців.}$$

Враховуючи те, що в календарному році опалення використовується в середньому впродовж 5 місяців, реальний термін окупності запропонованих заходів становитиме близько півтора календарних років.

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1. Соціальні аспекти охорони праці у будівельному виробництві

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці [68, 69]. Охорона праці є структурним елементом виробничого процесу. Вона спрямована на захист працівників від впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, забезпечення найсприятливіших умов праці, підвищення продуктивності праці та всебічний розвиток особистості. Сприятливі умови праці на виробництві надихають людину брати активну участь у соціально-політичному житті, дозволяють ширше задовольняти свої культурні запити.

Розвиток технічного прогресу зумовлює докорінні зміни не лише у змісті, але й в умовах праці. Впровадження нової техніки та технологій будівельного виробництва звільняє людину від важкої фізичної праці і скорочує кількість шкідливих чинників зовнішнього середовища, які несприятливо впливають на здоров'я людини. Однак разом з цими позитивними чинниками приходять і інші фактори, які негативно впливають на організм людини. Так механізація і автоматизація виробничих процесів, з одного боку, суттєво знижує фізичне навантаження робітників, а з іншого боку – підвищує їх нервово-психічну напруженість, збільшуючи кількість миттєвих і складних реакцій, що призводить до виникнення неврозів, нервово-психічних і серцево-судинних захворювань.

У Законі України про охорону праці зазначено, що умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, роботи машин, механізмів, обладнання та інших засобів виробництва, стан засобів індивідуального і колективного захисту, які використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам нормативних актів про охорону праці.

6.2 Розрахунок захисного заземлюючого пристрою цеху будматеріалів

Захисним заземленням називається навмисне електричне з'єднання з землею або її еквівалентом металевих неструмопровідних частин, котрі можуть опинитись під напругою. Призначення захисного заземлення – усунення небезпеки ураження людей електричним струмом при появі напруги на конструктивних частинах електрообладнання, тобто при замиканні на корпус.

Заземлювальний пристрій – це сукупність конструктивно об'єднаних заземлювальних провідників та заземлювача.

Заземлювальний провідник – це провідник, який з'єднує заземлювальні об'єкти з заземлювачем.

Заземлювач – це сукупність з'єднаних провідників, які перебувають в контакті з землею або з її еквівалентом. Розрізняють заземлювачі штучні, призначені виключно для заземлення, і природні – металеві предмети, котрі знаходяться в землі.

Для штучних заземлювачів застосовують вертикальні чи горизонтальні електроди. В якості вертикальних електродів використовують сталеві труби діаметром 3...5 см та сталеві кутники розміром від 40х40 до 60х60 мм довжиною 2,5...3 м. Можна також використовувати сталеві пруті діаметром 10...12 мм.

В якості природних заземлювачів можна використовувати:

- прокладені в землі водогінні та інші металеві трубопроводи, за винятком трубопроводів горючих рідин, горючих або вибухонебезпечних газів, а також трубопроводів, вкритих ізоляцією для захисту від корозії;
- обсадні труби артезіанських колодязів, свердловин, шурфів;
- металеві конструкції та арматуру залізобетонних елементів будівель та споруд, які з'єднані з землею;
- свинцеві оболонки кабелів, прокладених в землі.

Природні заземлювачі мають переважно малий опір розтікання струму, тому використання їх в якості заземлювачів дозволяє заощадити значні кошти.

В якості заземлювальних провідників застосовують стрічкову та круглу сталь. Заземлювальні провідники прокладають відкрито по конструкціях будівлі, в тому числі по стінах на спеціальних опорах. Заземлюване обладнання приєднують до магістралі заземлення за допомогою окремих провідників. При цьому послідовне включення заземлюваного обладнання не допускається.

Згідно з вимогами Правил улаштування електроустановок [68, 69] опір захисного заземлення в установках напругою до 1000 В в будь-яку пору року не повинен перевищувати 4 Ом.

Захисному заземленню підлягають металеві неструмопровідні частини обладнання, котрі через несправність ізоляції можуть опинитись під напругою і до котрих можливий дотик людей або тварин. При цьому в приміщеннях без підвищеної небезпеки заземлення обов'язкове при номінальній напрузі 380 В та вище змінного струму; 440 В і вище – постійного струму. Лише у вибухонебезпечних приміщеннях заземлення виконується незалежно від значення напруги установки.

Розраховуємо захисне заземлення для обладнання цеху для виготовлення будівельних стінових блоків. Мета розрахунку – визначення кількості і розмірів заземлювачів і складання плану розташування заземлювачів і заземлюючих провідників.

В якості заземлювачів вибираємо круглі не оцинковані (пруткові) заземлювачі, діаметром 10 мм. Для електроустановок напругою до 1000 В із ізольованою нейтраллю опір захисного заземлення не повинен перевищувати 4 Ом.

Існує два методи розрахунку заземлюючих пристроїв: метод коефіцієнтів використання електродів, який враховує одношарову структуру ґрунту і застосовується для розрахунку простих заземлювачів, і метод наведених потенціалів, який враховує двошарову структуру ґрунту і застосовується для складних заземлювачів.

Розрахункова схема заземлюючого пристрою подана на рис. 6.1.

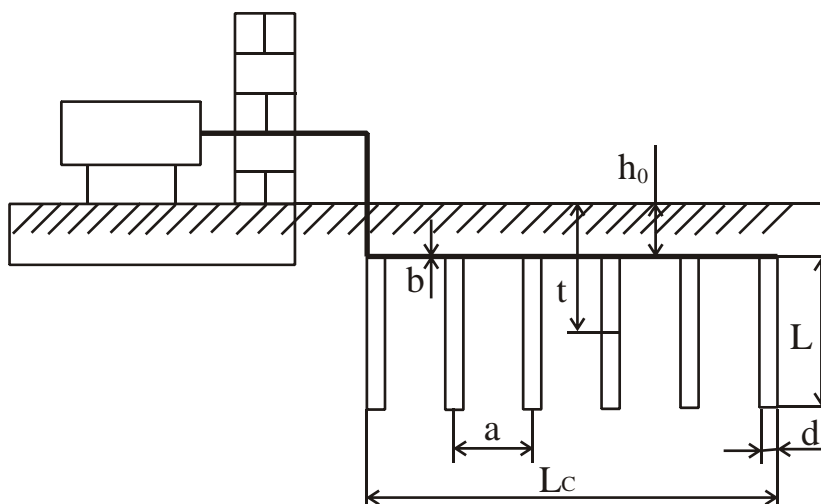


Рисунок 6.1 – Розрахункова схема заземлюючого пристрою

Вихідні дані для розрахунку:

- загальна довжина заземлювачів $l = 5$ м;
- матеріал заземлювачів - неоцинкована сталь;
- діаметр заземлювачів $d = 10$ мм;
- глибина розташування заземлюючої смуги $h_0 = 0,5$ м;
- ширина заземлюючої смуги $b = 0,04$ м;
- відстань між заземлювачами $a = 2,5$ м;
- розташування вертикальних заземлювачів рядне.

Порядок розрахунку заземлення методом коефіцієнта використання електродів такий:

1. Визначаємо розрахунковий питомий опір ґрунту ρ у якому розташовується заземлювач. За довідковими даними [68] $\rho = 250$ Ом·м.

2. Визначаємо опір розтікання струму з одного заземлювача:

$$R_3 = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right)$$

$$t = \frac{1}{2} \cdot l + h_0 = \frac{1}{2} \cdot 5 + 0,5 = 3,0 \text{ м}$$

$$R_3 = \frac{250}{2 \cdot 3,14 \cdot 5} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 5}{0,01} + \frac{1}{2} \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot 3 + 5}{4 \cdot 3 - 5} \right) \right) = 62,056 \text{ Ом}$$

3. Визначаємо необхідну кількість паралельно з'єднаних заземлювачів:

$$n' = \frac{R_3}{R_H \cdot \eta_B},$$

де n'_ϵ – коефіцієнт використання заземлювачів, який враховує їх взаємне екранування. Для заземлювачів, розташованих в ряд, при $a/l = 0,5$ цей коефіцієнт $n'_\epsilon = 0,5$.

Отже,

$$n' = \frac{62,056}{4 \cdot 0,5} = 31,028 \text{ шт}$$

Приймаємо $n = 32$ шт.

Для зв'язування вертикальних електродів застосовують горизонтальні електроди – стальну смугу або прутки. Довжина горизонтального електрода при розташуванні заземлювачів в ряд

$$L_C = 1,05 \cdot a \cdot (n - 1)$$

$$L_C = 1,05 \cdot 2,5 \cdot (32 - 1) = 81,38 \text{ м}$$

4. Визначаємо опір розтіканню струму горизонтального електрода R_c за формулою

$$R_c = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L_C} \cdot \ln \left(\frac{L_C^2}{b \cdot h_0} \right)$$

$$R_c = \frac{250}{2 \cdot 3,14 \cdot 81,38} \cdot \ln \left(\frac{81,38^2}{0,04 \cdot 0,5} \right) = 6,215 \text{ Ом}$$

5. Визначаємо опір струму розтікання штучних заземлювачів:

$$R_{шт} = \frac{R_3 \cdot R_C}{R_3 \cdot \eta_{\Gamma} + R_C \cdot n \cdot \eta_B}$$

$$R_{шт} = \frac{6,215 \cdot 62,056}{62,056 \cdot 0,3 + 6,215 \cdot 32 \cdot 0,4} = 3,92 \text{ Ом}$$

6. Порівнюємо опір штучних заземлювачів із нормованим значенням [68].
Тобто повинна справджуватись умова:

$$R_{шт} \leq R_H$$

Як видно з розрахунків $R_{шт} \leq R_H$ ($3,92 < 4$), отже система електродів забезпечить надійне заземлення установки.

6.3 Нормативна база щодо захисту працівників в надзвичайних ситуаціях

Захист працівників підприємства в надзвичайних ситуаціях є невід'ємною частиною державної політики національної безпеки і державного будівництва. Закон України «Про захист населення і територій від негативних ситуацій техногенного і природного характеру» визначає стратегічні напрями та засоби вирішення проблеми захисту населення, реальне створення територіальних і функціональних підсистем Єдиної державної системи запобігання надзвичайним ситуаціям техногенного і природного характеру (ЄДС і НС) та реагування на них. Закон проголошує організаційні та правові основи захисту громадян України, об'єктів виробничого та соціального призначення, довкілля від надзвичайних ситуацій.

Згідно з цим Законом передбачений інженерний захист робітників і службовців в надзвичайних ситуаціях.

6.4 Захисні споруди для захисту працівників в надзвичайних ситуаціях

Інженерний захист робітників і службовців в умовах надзвичайних ситуацій – це захист з використанням захисних споруд: сховищ і протирадіаційних укриттів. Захисні споруди призначені для захисту людей від наслідків аварій (катастроф), стихійних лих, а також уражаючих факторів зброї масового знищення (ЗМЗ) та звичайних засобів нападу, дії вторинних уражаючих факторів.

Захисні споруди поділяються за такими ознаками:

- за місткістю (малі – для 150...60 осіб, середні – для 600...2000 осіб, великі – понад 2000 осіб);
- за призначенням (для захисту населення, для розміщення органів управління і медичних установ);
- за місцем розташування (вбудовані, окремо стоячі, метрополітени, гірські виробки);
- за термінами будівництва (збудовані завчасно, швидко збудовані);
- за захисними властивостями (сховища, протирадіаційні укриття (ПРУ), найпростіші укриття).

Захисні споруди повинні завжди бути готовими до прийому людей.

6.4.1 Сховища

Сховища забезпечують надійний захист людей від уражаючих факторів (високих температур, шкідливих газів у зонах пожеж, вибухонебезпечних, радіоактивних і сильнодіючих отруйних речовин, обвалів та уламків зруйнованих будівель і споруд та інше), а також ЗМЗ і звичайних засобів нападу.

Сховища за своїми захисними властивостями поділяються на 4 класи (див. табл. 6.1).

Класифікація сховищ

Тип	A-I	A-II	A-III	A-IV
ΔP_{ϕ} (кг/см ²)	5 та більше	3	2	1
K_z (осл.)	5000 та більше	3000	2000	1000

При класифікації враховують такі характеристики:

- ступінь захисту від надлишкового тиску ΔP_{ϕ} (кг/см²), який залежить від міцності будівельних конструкцій;
- коефіцієнт захисту (послаблення) дії радіоактивного випромінювання K_z (осл.), який показує в скільки разів рівень радіації в захисній споруді менший, ніж зовні.

Здатність різних будівельних матеріалів послаблювати потік радіоактивних випромінювань подана в табл. 6.2.

Таблиця 6.2

Послаблення потоку радіоактивного випромінювання різними матеріалами

Матеріал	Свинець	Сталь	Бетон	Грунт	Цегла	Деревина
Шар половинного послаблення, мм	1,3...1,8	1,8...3,0	5...6	8...14	12...13	20...40

Сховища повинні забезпечувати безперервне перебування в них людей не менше 2 діб.

6.4.2 Протирадіаційні укриття

При радіоактивному зараженні місцевості ПРУ захищають людей від зовнішнього гама-випромінювання та безпосереднього попадання радіоактивного порошку в органи дихання, на шкіру та одяг, а також від світлового випромінювання ядерного вибуху. При відповідній міцності конструкцій ПРУ

можуть частково захистити від дії ударної хвилі будь-якого вибуху та уламків зруйнованих будинків.

Всі захисні споруди, виконані з неметалевих матеріалів, захищають від гама-нейтронного випромінювання. Їх обладнують у підвальних поверхах будинків та споруд. Підвали у цегляних будинках послаблюють радіацію у 200...300 разів, а підвали у дерев'яних будинках – в 7...12 разів.

У ПРУ повинні бути основні та допоміжні приміщення. До основних належать місця для розміщення людей, а до допоміжних – санітарні вузли, вентиляційні тощо.

Площа приміщення для укриття розраховується з норми на одну людину 0,4...0,5 м². Висоту приміщення ПРУ приймають не менше 1,9 м. В основних приміщеннях ПРУ встановлюють 2...3 ярусні нари-лавки для сидіння і полиці для лежання.

Для зберігання зараженого одягу при одному з входів (виходів) передбачають спеціальне місце, яке відгороджується від приміщення для людей перегородками з вогнетривкого матеріалу.

Підвищення захисних властивостей ПРУ досягається за рахунок збільшення товщини стін, перекрить, дверей, закриття вікон цеглою тощо. Крім того зовні навколо стін, які виступають вище поверхні землі, роблять обсипи з землі. Для герметизації приміщень, у яких будуть перебувати люди, закривають всі щілини, двері оббивають суцільним листом лінолеуму чи іншого повітронепроникного матеріалу, а місце прилягання дверей до дверного отвору оббивають пористою гумою.

Вентиляція заглиблених укриттів місткістю до 50 осіб здійснюється природним провітрюванням через приточні та витяжні короби з поперечним перерізом 200...300 см². У приточний короб встановлюють протипороховий фільтр, зверху роблять дашок, знизу – засувки.

Водопостачання укриттів здійснюється від зовнішньої мережі, а також створюють запас води у відрах чи бачках з кришками з розрахунку 3...4 літри на добу для однієї людини.

Освітлення здійснюється від загальної електромережі. При її відсутності використовуються ліхтарі, свічки, газові лампи.

Опалення здійснюється від загальної опалювальної системи та автономних теплових приладів.

6.4.3 Найпростіші укриття

Найпростіші укриття будуються в місцях скупчення людей, на маршрутах евакуації та тимчасово в заміській зоні, коли кількість наявних сховищ не забезпечує потрібну кількість людей. Такі укриття роблять у вигляді земляних споруд з використанням дерев'яних брусків, балок, дощок. Найпростіші укриття лише зменшують ризик ураження людей ударною хвилею і послаблюють дію радіоактивного випромінювання та ураження світловим випромінюванням, але не забезпечують захист від отруйних речовин та бактеріальних засобів. При наявності часу найпростіші укриття поступово переобладнують у ПРУ.

6.5 Критерії оцінювання ефективності інженерного захисту

Ефективним і надійним інженерний захист працівників в умовах надзвичайних ситуацій можна вважати, якщо:

- загальна місткість захисних споруд дозволяє укривати всіх працюючих в найбільшій зміні;
- захисні властивості споруд забезпечують захист від усіх очікуваних уражаючих факторів;
- системи життєзабезпечення захисних споруд забезпечують безперервне перебування в них людей впродовж встановленого строку;
- розміщення захисних споруд відносно місць роботи дозволяє своєчасно укрити людей за сигналами цивільної оборони.

РОЗДІЛ 7

ЕКОЛОГІЯ

7.1 Актуальність екологічної проблеми

Ріст світового промислового виробництва зумовлює підвищення інтенсивності забруднення довкілля промисловими відходами. Сучасні тенденції цього процесу досягли загрозливих масштабів, які можуть привести до непоправних наслідків, розбалансувавши екосистему Землі [70].

Природне розсіювання і хімічний розклад уже не може бути достатнім для ліквідації шкідливих наслідків токсичної дії газоподібних, рідких і твердих відходів на природне середовище.

Внаслідок забруднення біосфери в природних водах постійно мають місце підвищений вміст токсичних сполук цинку, міді, ртуті, кадмію, стронцію, нікелю, хрому та ін. Пріоритетними напрямками для збереження природного середовища є зменшення кількості промислових відходів, їх обеззараження, особливо тих, які забруднюють ґрунт, воду і повітря, створюючи цим реальну загрозу для екосистеми. На сьогоднішній день повне обеззараження і ліквідація відходів не проводиться.

Одночасно з цим низький рівень виробництва приводить до того, що значна частина сировини (інколи до 70...90%) не використовується, перетворюючись у відходи виробництва. При розрахунку на одиницю національного доходу в нашій країні тратиться в 1,5 рази більше матеріалів і в 2,1 рази більше енергії, ніж в США.

Згідно статті 54 «Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» сказано: «Місцеві Ради, підприємства, установи, організації та громадяни при здійсненні своєї діяльності зобов'язані вживати необхідних заходів щодо запобігання та недопущення перевищення встановлених рівнів акустичного, електромагнітного, іонізуючого та іншого шкідливого впливу на навколишнє природне середовище і здоров'я людини в населених пунктах,

рекреаційних і заповідних зонах, а також в місцях масового скупчення і розмноження диких тварин...» [71, 72].

Охорона навколишнього середовища є одним з пріоритетних завдань людства в інтересах нинішнього і майбутніх поколінь.

7.2 Вплив будівництва на навколишнє середовище

При будівництві відбувається знищення екосистеми і створення на її місці штучної системи для життя людей. Наскільки вона буде прийнятна для людини, що є частиною екосистеми, а не техногенного середовища, залежатиме від мистецтва архітектора і будівельника. Їх завдання – не порушити рівновагу в природному середовищі, забезпечивши її стійкість, гармонійно поєднавши будівлі і споруди з природними компонентами екосистеми [73...78]. Частим стало явище, коли людина в штучно створюваному архітекторами і будівельниками місці існування відчуває екологічний дискомфорт.

Будівництво є яскравим прикладом антропогенної діяльності, що часто справляє серйозну негативну дію не тільки на окремі компоненти навколишнього середовища і їх збереження, але і на стійкість екосистеми в цілому.

Сьогодні одним з головних завдань при будівництві стає облік і аналіз всіх антропогенних навантажень на навколишнє середовище і оцінка дій на нього для збереження і підтримки екологічної рівноваги. У місцях будівництва спостерігається високий рівень забруднення повітря, води, ґрунту, що в кінцевому підсумку призводить до зменшення біорізноманіття. Це відбувається на всіх стадіях: при проведенні проектно-пошукових робіт, при влаштуванні доріг і кар'єрів, безпосередньо при виконанні робіт на будівельному майданчику. Тому питання впливу об'єктів будівництва на довкілля є надзвичайно актуальним.

Всі види впливу будівництва на навколишнє середовище можна класифікувати за наступними екологічними ознаками: вилучення з навколишнього середовища і привнесення в навколишнє середовище. Джерелами

впливу на екосистеми при будівництві є: нові матеріальні об'єкти, що розміщуються на будівельному майданчику; елементи основної і допоміжної технологій, функціонування яких є причиною зміни ландшафтів і забруднення навколишнього середовища; об'єкти, життєвий цикл яких пов'язаний з будівництвом або експлуатацією в майбутньому. Всі перераховані дії впливають на стійкість екосистем і знижують якість навколишнього середовища або прямо, або побічно.

Основними джерелами забруднень при будівельних роботах є: буропідбивні роботи, влаштування котлованів і траншей, вирубка лісу і чагарника, пошкодження ґрунтового шару і змив забруднень з будівельного майданчика, утворення звалищ будівельного сміття тощо.

Будівництво створює додаткове екологічне навантаження і спричиняє погіршення здоров'я людей. Вже побудовані будівлі також здійснюють негативний вплив на навколишнє середовище: змінюється рельєф ділянки, змінюється рослинний покрив, на зміну природним насадженням приходять штучні.

Окрім негативної дії на рослинність і ґрунт, зведений об'єкт змінює умови інсоляції. Будівлі затіняють території, змінюється режим випаровування вологи.

Отже, вплив будівництва на всіх стадіях має комплексний характер і є негативним для екосистеми і в кінцевому підсумку призводить до зменшення біорізноманіття.

7.3 Екологія будівельних матеріалів

Екологічність людського житла сьогодні, на початку XXI століття, стала актуальною, як ніколи раніше. З розвитком нових технологій, появою нового вигляду транспорту, нарощуванням темпів виробництва людство все далі йде від тих початкових умов, в яких колись зародилася цивілізація [79...82].

Вимоги до санітарного стану житла зросли не тільки у зв'язку з посиленням забруднення зовнішнього середовища, але і у зв'язку із значним розширенням асортименту будівельних матеріалів. За останні десятиріччя кількість будівельних і обробних матеріалів суттєво збільшилася. Кількість будівельних компаній вимірюється сотнями, кількість компаній тих, що поставляють матеріали – тисячами. При цьому постачальників в першу чергу цікавить прибуток, а будівельників – економія. Тому важ асортимент будівельних матеріалів, вживаних в сучасному будівництві, можна розділити на:

- відносно безпечні;
- такі, які потребують строгого контролю.

До відносних безпечних матеріалів можна віднести найбільш традиційні, вироблювані на природній основі: цегла, камінь, бетон, обробні матеріали на основі гіпсу, дерево, скло.

Небезпечнішими будівельними матеріалами з погляду екології є матеріали з високою кількістю полімерів в складі: різного роду пластики, лінолеум, покрівельні матеріали, лаки, фарби і матеріали на основі фенолів і формальдегідів. Лінолеум або ламінат при нагріванні навіть сонячним світлом виділяють цілу гамму органічних і токсичних речовин. Неякісні фарби і лаки можуть з часом викликати алергію або астму.

Найнесприятливішими компонентами для екології житлових приміщень можна назвати формальдегід і фенол. Ці високотоксичні, летючі гази зумовлюють головні болі, алергії, роздратування слизових оболонок. Фенол і формальдегід є майже у всіх полімерних матеріалах, в деревностружкових плитах, використовуваних при виробництві меблів, в декоративних деталях, деяких тканинах, килимових покриттях і клеях. Виділення цих компонентів відбувається протягом тривалого терміну – від одного місяця до декількох років. Залежить воно від характеру матеріалу, температури, вологості, вентиляції. Активність викидання летючих токсинів з часом або скорочується, або, навпаки, зростає. Нові вироби з ДСП можуть спочатку виділяти запах, який, незабаром зникне.

Чим старше стають фарбовані стіни, тим більше вірогідність попадання фенолу і формальдегіду в повітря, оскільки достатньо швидко відбувається розтріскування захисного шару.

Екологічно небезпечним матеріалом є азбест, який, на щастя, все рідше застосовується в будівництві. Проте, його джерелом можуть бути пошкоджені або використані неналежним чином обробні, ізоляційні, протипожежні матеріали. Отруєння азбестом не дає негайних симптомів. Довготривале перебування в зараженій азбестом квартирі приводить до різних онкологічних і легеневих захворювань.

Бетон, в порівнянні з іншими будівельними матеріалами, є достатньо чистим і екологічним будівельним матеріалом, крім випадків, коли в нього додають присадки у вигляді форміату або нітриту натрію, що впливають на швидкість твердіння сумішей. Нітрит натрію є сіллю азотистої кислоти, всі солі якої отруйні. Попадання їх в організм людини, наприклад, при проведенні будівельних робіт, викликає важкі ураження (розширення кровоносних судин, освіта в крові метабемоглобіна), небезпечні для життя.

Для додання бетону більшої пластичності нерідко застосовується пластифікатор С-3, де міститься 6-10% сульфату натрію NaSO_4 . Такі склади мають чималу екологічну небезпеку, хоч і не взаємодіють з людським житлом безпосередньо.

Застосовані в будівництві матеріали впливають на екологію житла не кожен окремо, а по сукупності.

7.4 Методи вирішення екологічних проблем у будівництві

Зрозуміла справа, що при такій різноманітності чинників, що негативно впливають на екологію людського житла, будівельники повинні знати заходи профілактики і протидії, а контролюючі органи мати довершений і налагоджений механізм перевірок, покликаний не допустити явних порушень. Один з шляхів

вирішення проблеми екології будівельних матеріалів є застосування нових матеріалів високої якості.

Всі матеріали, які випускаються нашої країні і зарубіжною промисловістю, повинні мати гігієнічні висновки санітарно епідеміологічної експертизи. І такі висновки дійсно є. Інакше на територію країни їх не пропустить митниця.

Сертифікацією на території України займаються ЦСМи (центри стандартизації і метрології) в областях. Продукція як західного, так останнім часом і українського виробництва, зазвичай нарікань не викликає. Наприклад, Дніпродзержинський і Славутській заводи випускають руберойд не гірше західних. У нас три мінераловатних заводу, що проводять продукцію високої якості (зокрема «Техно» в Черкасах, «Данко» в Докучаєвське). Крім того, в Україні дуже хороша сировинна база для виробництва мінеральної вати, наприклад, Берестовецький кар'єр в Рівненській області. Дещо складніше з продукцією Китаю. Її якість, м'яко кажучи, вельми середня. Але якісний матеріал природно дорожче і тому у нас на будівництві часто застосовують далеко не кращі марки. Це створює ситуацію, коли завозити і застосовувати високоякісний товар виявляється не вигідним, тому що він має відносно низький попит в порівнянні з товаром дешевшим.

В списку товарів і виробів, що підлягають в Україні обов'язкової сертифікації, не так вже багато найменувань. У їх числі цемент, керамічна і силікатна цегла, керамічна плитка, вікна і двері для житлових споруд, але в більшості випадків сертифікація того або іншого продукту справа добровільна. Часто будівельні або торгуючі організації йдуть на це неохоче, оскільки це витратна стаття бюджету. Проте бувають ситуації, коли такі витрати з комерційної точки зору виправдані. Наприклад, при проведенні тендерів, заявка в проекті сертифікованих матеріалів, дає відчутну перевагу.

Одним з дієвих заходів впливу на цей процес є вимагання сертифікату якості у продавця будівельних матеріалів покупцем.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В дипломній магістерській роботі виконано дослідження теплотехнічних характеристик стінових будівельних матеріалів і розв'язано науково-технічну задачу по зменшенню енергетичних витрат для опалення сучасного житла шляхом застосування матеріалів з високими теплоізоляційними властивостями.

Отримано основні результати досліджень:

1. За результатами аналізу наукових публікацій виявлено недостатнє висвітлення питань теплозбереження в сучасному житлі шляхом застосування стінових матеріалів з низькою теплопровідністю.

2. На підставі рекомендацій нормативних документів розроблено конструкцію і виготовлено установку для дослідження теплотехнічних характеристик будівельних матеріалів, зокрема їх коефіцієнта теплопровідності.

3. Розроблено методику натурних експериментальних досліджень коефіцієнта теплопровідності будівельних матеріалів, яка узгоджена з нормативними вимогами.

4. Виконано серію натурних експериментів і визначено коефіцієнти теплопровідності для різних типів цегли та різних ступенів її зволоження, бетону і пінобетону та дерева, що дало можливість виявити закономірності зміни коефіцієнта теплопровідності досліджуваних матеріалів в залежності від густини, пористості, вологості.

5. Запропоновано новий стіновий теплоізоляційний матеріал на основі дерев'яної тирси і рідкого скла – тирсосилікат, досліджено його характеристики і виявлено високі теплоізоляційні властивості.

6. Виконано обґрунтування економічної ефективності проведення науково-дослідних робіт за розглядуваною темою.

7. Розроблено заходи з охорони праці при отриманні нових стінових матеріалів з низьким коефіцієнтом теплопровідності.

8. Розроблено заходи для захисту працівників-будівельників за умов надзвичайних ситуацій.

9. Запропоновано заходи для забезпечення екологічної чистоти будівельного виробництва.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Житлове будівництво в Україні у 2000–2009 роках: Статистичний збірник. –К.: державний комітет статистики України, 2010. - 91с.
2. Інформація щодо загальних підсумків діяльності будівельної галузі за 2011 рік: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України – Режим доступу: <http://www.minregion.gov.ua/>
3. Жучков Г.А. Оцінка і прогнозування економічної рівноваги підприємства будівельної галузі / Г.А. Жучков, В.А. Оченаш, О.В. Патенко. // Регіональні перспективи. – 2009. – № 5-6 (18-19). – С. 293-294.
4. Енергетичний баланс України за 2012 рік: державна служба статистики України – Офіц.вид. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
5. Франчук, А.У. Таблицы теплотехнических показателей строительных материалов / А.У. Франчук. – 2-е изд. – М., 1999. – 144 с.
6. Карслоу Г. Теплопроводность твердых тел/ Г. Карслоу, Д. Егер (пер. с англ. под ред. проф. Померанцева А.А.). – М.: Наука, 1994. – 488 с.
7. Баскаков А.П. Теплотехника : учебник для вузов / А.П. Баскаков. М. : Энергоиздат, 2002. – 264 с.
8. Малявина, Е.Г. Теплотери здания. Справочное пособие / Е.Г. Малявина.– М.: АВОК-ПРЕСС, 2007. – 265 с.
9. Влияние технологических факторов на теплопроводность и влажностный режим кирпичных кладок наружных стен из пустотелого керамического кирпича и камня / А.И. Ананьев, В.П. Абарыков, С.А. Бегоулев, А.С. Буланый // Строительные материалы. – 2009. – № 6. – С.54 –58.
10. Маляренко В.А. Основи теплофізики будівель і енергозбереження. – Харків : САГА, 2006. – 220 с.
11. Фокин, К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / Под ред. Ю.А. Табунщикова, В.Г. Гагарина.– 5-е изд., пересмотр. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. – 256 с.

12. Маляренко В.А., Редько А.Ф., Чайка Ю.И., Поволочко В.Б. Техническая теплофизика ограждающих конструкций и сооружений / Под ред. проф. Маляренко В.А. – Харьков : Рубикон, 2007. – 232 с.

13. Експериментальний пошук шляхів визначення теплотехнічних властивостей одиночних керамічних виробів / В.В. Шульгін, Т.С. Кугаєвська, О.М. Гнатко, Є.М. Покрасенко // Науковий вісник будівництва № 64. – Харків: ХДТУБА, ХОТВАБУ, 2011. – С.325 – 330.

14. ДБН В.2.6-31:2006. Теплова ізоляція будівель. – К.: Мінбуд України, 2006. – 66 с.

15. ДСТУ Б В.2.7-105-2000 (ГОСТ 7076-99). Матеріали і вироби будівельні. Метод визначення теплопровідності і термічного опору при стаціонарному тепловому режимі. – К.: Держбуд України, 2001. – 21 с.

16. ДСТУ Б В.2.6-101:2010. Конструкції будинків і споруд. Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 84 с.

17. Галузева програма підвищення енергоефективності у будівельній галузі на 2010 - 2014 роки: Наказ Мінрегіонбуду від 30.06.2009 N 257, рекомендована до затвердження на засіданні президії Науково-технічної ради Мінрегіонбуду 25 червня 2009 р. – Режим доступу: <http://document.ua/pro-zatverdzhennja-galuzevoyi-programi-energoefektivnosti-u--doc1166.html>

18. Енергетична стратегія України на період до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 15.03.2006 № 145-р (із змінами) – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/>

19. ДСТУ Б В.2.7-61:2008 (EN 771-1:2003, NEQ). Будівельні матеріали. Цегла та камені керамічні рядові та лицьові. Технічні умови. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 84 с.

20. Габидуллин , М.Г. Основные принципы моделирования поведения пористой керамики при эксплуатации во влажных условиях. Часть 1 / М.Г. Габидуллин, А.Н. Габидулина // Строительные материалы. – 2010. – № 6. – С.62 – 65.

21. Габидуллин, М.Г. Основные принципы моделирования поведения пористой керамики при эксплуатации во влажных условиях. Часть 2 // / М.Г. Габидуллин, А.Н. Габидуллина // Строительные материалы. – 2010. – № 11. – С.56 – 59.
22. Методы определения теплопроводности и температуропроводности / Под ред. Лыкова А.В. – М., 1999 – 336с.
23. Геращенко О.А., Грищенко Т.Г. Приборы для теплофизических измерений: Каталог. – К., 2003. – 45 с.
24. Теплофизические измерения и приборы / Под общей ред. Е.С. Платунова. – Л.: Машиностроение, 2005. – 68 с.
25. Васильківський І.С., Юсик Я.П. Вимірювальний перетворювач теплопровідності будівельних матеріалів на основі нової зрівноваженої мостової схеми // Вісник Національного університету "Львівська політехніка" "Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація". – Львів, 2009. – № 659. – с. 34.
26. Рогоцкий Я.Т., Василькивский И.С., Юсык Я.П. Приборы для неразрушающего контроля теплопроводности материалов. - Сб. "Контрольно-измерительная техника", вып.48.- Львов: Изд-во "Свит", 2005, с.84-88.
27. Васильківський І.С., Рогоцький Я.Т., Юсик Я.П., Симотюк В.Ф. Прилад для вимірювання теплопровідності рідких та рідиноподібних матеріалів. - Зб. "Контрольно-вимірювальна техніка", вип.50.- Львів: В-во "Світ", 1999, с.67-72.
28. Пистун Е.П., Василькивский И.С., Рогоцкий Я.Т., Юсык Я.П. Универсальный измеритель теплопроводности УИТ-1. - Приборы и техника эксперимента, №3, 1999, с.243-244.
29. А.С. 1599740 /СССР/. Способ измерения теплопроводности веществ. Пистун Е.П., Рогоцкий Я.Т., Василькивский И.С., Юсык Я.П., Вента О.М. – Оpubл. в Б.И., 1990, №38.

30. А.С. 1631386 /СССР/. Способ определения температуропроводности керамики. Пистун Е.П., Василькивский И.С., Рогоцкий Я.Т., Юсык Я.П. - Оpubл. в Б.И., 1991, № 8.

31. А.С. 1681216 /СССР/. Способ измерения теплопроводности материалов. Пистун Е.П., Рогоцкий Я.Т., Василькивский И.С., Юсык Я.П. - Оpubл. в Б.И., 1991, № 36.

32. Васильківський І.С., Юсик Я.П. Новий метод вимірювання теплопровідності будівельних та теплоізоляційних матеріалів. –Тези доповіді 2-ої Міжнародної науково- практичної конференції “Проблеми економії енергії”. /м.Львів, 2-4 червня 1999 р./- Львів, 1999р. – с.34-35.

33. Пістун Є.П., Васильківський І.С., Юсик Я.П. Новий метод вимірювання теплопровідності будівельних та теплоізоляційних матеріалів. - Н.-т. журнал “Методи та прилади контролю якості”, вип.3, Івано-Франківськ: Вид-во “Простір-М”, 1999, с. 25-27.

34. Пістун Є.П., Васильківський І.С., Юсик Я.П. Аналіз впливу контактних теплових опорів на точність вимірювання теплопровідності матеріалів. - Н.-т. журнал “Методи та прилади контролю якості”, вип.2, Івано-Франківськ: Вид-во “Простір-М”, 1998, с. 50-53.

35. Василькивский И.С., Рогоцкий Я.Т., Юсык Я.П. Анализ чувствительности устройств контроля теплопроводности на базе тепловых измерительных схем. - Сб. “Контрольно-измерительная техника”, вып.47.- Львов: Изд-во “Свит”, 2004, с.69-74.

36. Васильківський І.С., Рогоцький Я.Т., Юсик Я.П. Алгоритмічний метод підвищення точності визначення теплопровідності матеріалів. – Зб. “Контрольно-вимірювальна техніка”, вип.49.- Львів: В-во “Світ”, 1999, с.69-74.

37. Василькивский И.С., Юсык Я.П. Повышение точности измерения теплопроводности с помощью уравновешенных мостовых тепловых измерительных схем.- Тезисы доклада VIII ВНТК молодых ученых и специалистов “Метрология и стандартизация в научно- технической революции”. /г. Новосибирск, 25-27 октября 1999 г./- Новосибирск, 1999 г., с.267-268.

38. Платунов Е.С. Теплофизические измерения и приборы / Е.С. Платунов. – Машиностроение, 2006. – 365 с.

39. Шикалов В.С. Технологічні вимірювання. Навч. Посібник. – К.: Кондор, 2006. – 165 с.

40. Ржеганек Я., Яноуш А., «Снижение тепловпотерь в зданиях.» (Tepelne ztraty budov a moznosti jejich zmensovani) , научное издание, перевод с чешского В.П.Поддубного. Под редакцией канд. техн. наук Л.М.Махова., http://afdanalyse.ru/publ/teorija/ocenka_ehkonomicheskoy_ehffektivnosti_investicij/27-1-0-224

41. Ллойд Дж. «Системы тепловидения»./Пер. с англ. под ред. А. И. Горячева. - М.: Мир, 1978, с. 416.

42. Вавилов В.П., Климов А.Г. Тепловизоры и их применение. - М.: Интел универсал, 2002. - 207 с.

43. Карслоу Г. С. Теория теплопроводности, пер. с англ./ Г. С. Карслоу // М.-Л., 2007. – 220 с.

44. Чудновский А.Ф. Теплофизические характеристики дисперсных материалов. - М.: Гос. изд-во физико-математической лит., 1992. - 456 с.

45. Борисов Ю.Д. Новые теплоизоляционные материалы для строительства // Технический текстиль. 2002. № 3, С. 18-23.

46. Лабораторный практикум по технологии теплоизоляционных материалов / Инновационный центр «Химические технологии и оборудование». Электронный ресурс. — Режим доступа : <http://chemteq.ru>

47. Сироткина К.В. Определение теплопроводности древесины / К.В. Сироткина, А.А. Титунин // Сборник научно- исслед. работ молодых ученых по программе «Шаг в будущее». — Кострома: Авантитул, 2005. -С. 104-108.

48. Тарашкевич В. И. Теплофизические свойства древесины мягких лиственных пород, модифицированной термохимическим способом : автореферат дис. . кандидата технических наук : 05.21.05 / В.И. Тарашкевич. Белорус, технол. институт, 1990. - 16 с.

49. Румянцев М.В. Определение показателей оценки качества клееной древесины с учетом дефектов склеивания : Дис. .канд. техн. наук.: 05.21.05 : защищена 2002г. / М.В. Румянцев. Архангельск: Архангельский государственный технический университет, 2002. – 187 с.

50. Титунин А.А. Определение коэффициента теплопроводности клееной древесины / А.А. Титунин, Ю.П. Данилов, В.П. Чулков, К.В. Сиротки-на // Вестник Костромского государственного технологического университета, №11,- Кострома: КГТУ, 2005. С. 114-117.

51. Боровиков А.М. Справочник по древесине / А.М. Боровиков, Б. Н. Уголев. -М.: Лесная промышленность, 1999. 296 с.

52. Деревянные конструкции и детали / В. М. Хрулев, К. Я. Мартынов, С. В. Лукачев, Г. М. Шутов; под общ. ред. В. М. Хрулева. 3-е изд., пере-раб. и доп. - М. : Стройиздат, 1995. - 384с.

53. Горбачева Г. А. Деформационные превращения древесины при изменении нагрузки, влажности и температуры : дис. . кандидата техн. наук : 05.21.05: защищена 2004г. / Г. А. Горбачева. Москва: Московская государственная лесотехническая академия. - 2004 г. – 167 с.

54. Машкин Н. А. Эксплуатационная стойкость модифицированной древесины в строительных изделиях : монография / Н.А. Машкин; Отв. ред. В.М. Хрулёв. Новосибирск: НГАСУ, 2001. - 260 с.

55. Герасимов В. М. Механические свойства древесины и композиционных материалов : монография / В. М. Герасимов. Чита: ЧитГУ, - 2007 г. – 230 с.

56. Рыкунин С.Н. Рациональное использование древесного сырья в производстве заготовок : Дис. . докт. техн. наук.: 05.21.05: защищена 1988г. / С.Н. Рыкунин. — Москва: Московский лесотехнический институт, 1988.-266 с.

57. Титунин А.А. Ресурсосбережение в деревообрабатывающей промышленности. Организационно-технические аспекты : монография / А. А. Титунин. Кострома : Изд-во КГТУ, 2007. - 141 с.

58. Чернышев О.Н. Влияние наполнителей на свойства фенолорезорцинового клея и клеевых соединений древесины / О.Н. Чернышев // Всес. Научно-техническая конференция «Модифицирование и защитная обработка древесины», 25-29 сент., 1989: Тез. доклад Т. 2. Красноярск, 1989.-С. 61-63.
59. Мышелова Г.Н. Производство деревянных клееных конструкций в Австрии / Г. Н. Мышелова, Д. Ю. Стрельцов, Д.С. Журавлев // Деревянное домостроение. Электронный ресурс. — Режим доступа : <http://www.stroyinform.ru>.
60. Ковальчук Л. М. Производство деревянных клееных конструкций / Л. М. Ковальчук. 3-е изд., перераб. и доп. - М. : ООО РИФ Стройматериалы, 2005. - 336 с.
61. Боголицын К. Г. Физикохимия лигнина / К. Г. Боголицын // Материалы II Международной конференции : Архангельский гос. технический университет. Архангельск : АГТУ, 2007 г. - 120 с.
62. Housing Statistics in the European Union 2004. National Board of Housing, Building and Planning, Sweden; Ministry for Regional Development of the Czech Republic Электронный ресурс. Режим доступа : www.iut.nu.
63. Libor Severa. The tensile behaviour of notched wood / Libor Severa, Ivo Krivanek, Jaroslav Buchar, Petr Konas. // Строение, свойства и качество древесины : труды IV Международного симпозиума. Т.1. СПб : СПбГЛТА, 2004, - с. 344-347.
64. Notched Wood Post Beam Connection Электронный ресурс. Режим доступа : <http://www.decks.com>
65. Polubojarinov O.I., Chubinsky A.N., Martinsson O. Decay Resistance of Siberian Larch Wood. AMBIO. v. 29, №6, 2000 P. 352-353.
66. Gierlinger N. Rapid prediction of natural durability of larch heartwood using FT-NIR spectroscopy / N. Gierlinger, N. Jacques, M. Schwanninger, R. Wimmer, B. Hinterstoisser, L.E.Pâques //Canadian Journal of Forest Research. 2003. -№ 33. P. 1727-1736.

67. Shen J. Experimental study of optical scattering and fiber orientation determination of softwood and hardwood with different surface finishes / Shen J, Zhou JQ, Varquez O. 2000. – 230 P.

68. Алексеев В.А. Охрана труда в строительстве и промышленности строительных материалов (организация охраны труда). – М.:Стройиздат, 2002. – 112 с.

69. Орлов Г.Г. Инженерные решения по охране труда в строительстве. Довідник будівельника. К.; 1999 р. – 37 с.

70. Довкілля для України: Резолюція міжнародного екологічного форуму. - Київ, 19–21 квітня 2011 р. – Режим доступу: <http://www.ecoleague.net/5623003-169-2464.html>

71. ДСТУ 17.2.3.02-2003. Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями. – 87 с.

72. Акимов Т.А. Экология. Природа - Человек - Техника / Т.А. Акимов, А.П. Кузьмин, В.В. Хаскин. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 343 с.

73. ДБН А.2.2-1-95. Склад і зміст матеріалів та оцінка їх впливу на довкілля (ОВНС) під час проектування та будівництва підприємств, будинків та споруд. Госкомградостроительства, Мінекобезпеки.- Киев, 1996 р. – 45 с.

74. Бородин Л. Строительство и экология – что актуальней? / Л. Бородин – Режим доступа: <http://shkolazhizni.ru/archive/0/n-23987/>

75. Васнецова С. Экологическая сертификация строительных материалов в западных странах / С. Васнецова, 2008. - Режим доступа: <http://www.ecoexpert.ru/>

76. Екологія в будівництві: Навчальний посібник / За ред. Р.А. Кизими. — Харків: Бурун Книга, 2007. – 224 с.

77. Ернст Т. Екологічна концепція будівлі: «пасивний екодім» // «ЕКОінформ» № 7-8, 2011. – 34 с.

78. Журавлев В.П. Охрана окружающей среды в строительстве / В.П. Журавлев и др.- М.: АСВ, 2005. - 328 с.

79. Козлова И.В. Экологический дом – образ жизни // Жилищное строительство. 2010, -№ 1, -С. 41-42.
80. Лапин Ю.Н. Экожилье - ключ к будущему / Ю.Н. Лапин –М.: Пробел , 2008. -168 с.
81. Банин А. П. Эффективность охраны окружающей среды в капитальном строительстве. М., Стройиздат, 1994.- 120 с.
82. Стойков В. Ф. Организация территориальной системы экологического мониторинга строительной деятельности. М., Анкил, 2005. – 118 с.